KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A Radio

ROČNÍK IV/1999. ČÍSLO 6

Amatérské RADIO

ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK XLVIII/1999. ČÍSLO 6

V TOMTO SEŠITĚ

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO
Vydavatel: AMARO spol. s r. o.
Redakce: Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: (02) 57 31 73 11, tel./fax: (02) 57 31 73 10. Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Kelárková, tel. 543 825, l. 268.
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 30 Kč. Celoroční předplatné 180 Kč.
Rozšiřuje PNS a. s., Transpress s. s r. o., Mediaprint a Kapa, soukromí distributoři, informace o předplatném podá a objednávky přijímá Amaro s. s r. o., Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel./fax (02) 57 31 73 13, PNS, pošta, doručovatel.
Objednávky a predplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava, tel./fax (07) 44454559 - predplatné, (07) 44454628 - administratíva. Predplatné na rok 222,- SK.
Podávání novinových zásilek povolila Česká pošta s. p., OZ Praha (čj. nov 6028/96 ze dne 1. 2. 1996).
Inzerci přijímá redakce ARadio, Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: (02) 57 31 73 11, tel./fax: 57 31 73 10.
Inzerci v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./fax (07) 44450693.
Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor. Nevyžádané rukopisy nevracíme.
E-mail: a-radio@login.cz
Internet: http://www.spinet.cz/aradio
ISSN 1211-3557, MKČR 7443

Dějiny přenosu zpráv na dálku

Kapitola z historie elektřiny a magnetizmu

Samuel Finley Breese Morse

Narodil se v Charlestownu (Mass., USA) 27. 4. 1791 ve velmi početné rodině - měl 11 sourozenců, ale 8 z nich zemřelo v dětském věku. Od roku 1805 navštěvoval Yale College, kde se seznámil se základy fyziky, ale záhy se projevil jeho malířský talent.

Na přání otce, který v umění neviděl pro svého syna budoucnost, nastoupil jako úředník v obchodě s knihami v rodném městě. Maloval však dále a jeho obrazů si povšiml tehdy velmi významný malíř, Washington Allston, poznal jeho nadání a přemluvil otce Morseho, aby jej pustil studovat malířství do Anglie.

Střídavě trávil tuto dobu v Bristolu a v Londýně. Již tehdy získal několik významných ocenění za své práce. V roce 1815 se vrátil do USA a otevřel si vlastní ateliér, oženil se, a poté odešel do New Yorku. Byl jedním ze zakladatelů National Academy of Design a od roku 1826 po dlouhých 14 let byl jejím prezidentem. Záhy mu zemřela žena a v té době také rodiče, a tak odejel do Evropy, aby změnil prostředí.

Na lodi se seznámil s fyzikem Ch. T. Jacksonem, který jej zasvěcoval do nejnovějších poznatků a mj. přišla řeč i na pokusy s telegrafem. Morse si podle vyprávění udělal vlastní představu o tom, jak by takový přístroj měl vypadat, a načrtl si jej. Po návratu zpět do New Yorku se dále zabýval malířstvím, byl jmenován profesorem malířství a sochařství na Nové univerzitě v New Yorku, zapojil se též do politického života a v roce 1836 dokonce kandidoval na místo starosty New Yorku.

V té době již přestával mít na malování čas. Začal totiž sám pokusničit s telegrafem, který jej zajímal od doby, kdy se setkal s Jacksonem, ale hlavním impulsem byl nedůstojný způsob, kterým odmítl americký Kongres výzdobu některých prostor v Kapitolu jeho malbami. Díky materiální podpoře od svých dvou bratrů, kteří byli vydavateli tehdy již známého časopisu New York Observer, mohl se plně věnovat pokusům. Seznámil se s L. D. Galem a Josephem Henrym a předvedl jim svůj model telegrafu, který využíval elektromagnetu k zápisu zpráv, které byly vysílány přerušováním elektrického obvodu. L. D. Gal a Joseph Henry mu poradili, jak ještě odstranit některé nedostatky. Největším bylo zmenšením proudu v dlouhých vedeních, který nestačil spínat elektromagnetický zapisovač.

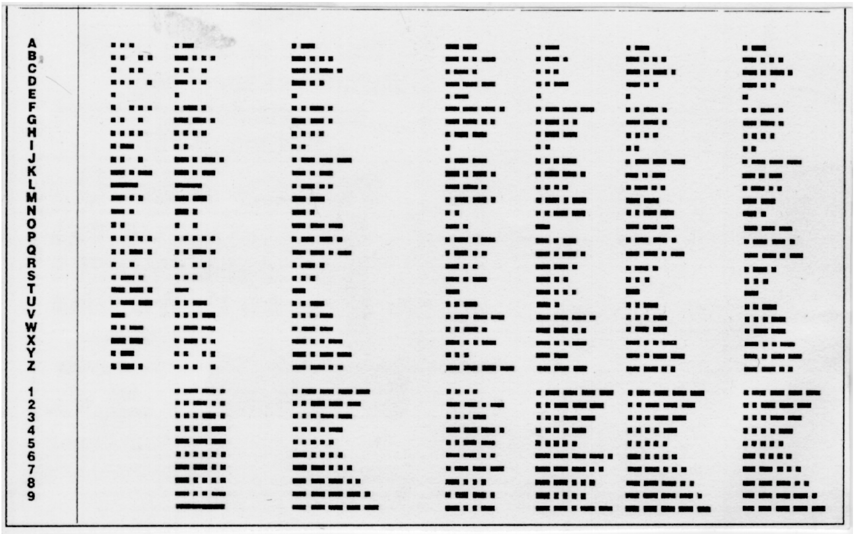
Zkonstruoval proto dvouobvodový telegraf - vnější linka spínala citlivé elektromagnetické relé a jeho kontakty teprve ovládaly místní obvod, který měl vlastní dostatečně silný zdroj.

Pro svůj telegraf sestavil první abecedu, která sestávala jen z deseti číslic - každá číslice měla odpovídající počet impulsů, kterými bylo vychylováno písátko do strany. Číselným skupinám pak přiřazoval různé významy. První pokus, který předvedl univerzitním profesorům, byl na vzdálenost asi 1700 stop. Pokusům byl přítomen i Alfred Vail, jehož rodině patřila velká továrna. Vail mu nabídl pomoc při mechanických pracích a tak Morseův telegrafní přístroj záhy dostal i velmi dobrý design.

Americký Kongres se v roce 1837 rozhodl zavést v USA síť mechanicko -optických telegrafů obdobně, jako tomu bylo v Evropě. Veřejná soutěž se konala 1. října 1837 a Morse měl se svým přístrojem velký úspěch. Mechanicko-optické systémy šly stranou a Morse byl vyzván k dokončení svých pokusů. Dokonce dostal od Kongresu finanční podporu.

Morse svůj přístroj přihlásil k patentování a na patentu se podíleli ještě menším dílem F. O. J. Smith (kongresman, který prosazoval Morseho zájmy), A. Vail a L. D. Gal. Odejel pak i do Anglie, aby tam svůj přístroj patentoval, ale tam neuspěl. Anglie totiž přijala patent Cooke-Wheatstoneova telegrafu, i když ten byl nedokonalý. Neuspěl ani ve Francii, ačkoliv si přístroj nechali předvést Humboldt, Guy-Lussac i král Ludvík Filip. Tam sice nebyl odmítnut, ale žádost byla odložena na pozdější dobu.

Když přijel zpět do USA, požádal Kongres o 30.000 dolarů na vybudování telegrafní linky z Baltimore do Washingtonu. Kongres však tak vysokou částku nechtěl uvolnit, a když Morseho navíc přestala podporovat i rodina A. Vaila, byl v dosti svízelné situaci. Přesto stále svůj přístroj zdokonaloval a předváděl jej při různých příležitostech, dokonce i prezidentovi ve Washingtonu.



Vývoj Morseovy abecedy. Zleva: Morseův systém (1837), Vailova úprava (1844), mezinárodní abeceda (1851), Americká námořní abeceda (1912), Anglická abeceda (1914), Phillipsova úprava (USA, 1918), dnešní stav

V letech 1840 - 1843 pak vytvořil novou telegrafní abecedu, která již byla složena z teček a čárek a telegrafní přístroj zdokonalil tak, že pisátko se vychylovalo vertikálně, takže zapisovalo jen vlastní značky.

Nová telegrafní abeceda měla ovšem také nevýhody. Používala např. tři druhy mezer: dvě ve značce - o délce jedné a dvou teček - a mezeru mezi značkami o délce tří teček. To sice urychlovalo provoz tím, že např. ze čtyř teček bylo možné utvořit více kombinací písmen, ale zhoršovalo to čitelnost. Další nevýhodou byly stejné kombinace pro písmena I a Y, G a J. Při rychlejší práci vadilo i to, že nejčastěji se vyskytujícím písmenům neodpovídaly nejkratší značky.

Postupný vývoj Morseovy abecedy až do dnešní podoby je znázorněn na obrázku nahoře. Teprve roku 1843 Kongres požadovanou částku na vybudování telegrafní linky mezi městy Baltimore a Washington schválil. Pro trasu mělo být položeno původně podzemní vedení v ochranné olověné trubce. Pak se ale ukázala stavba takového vedení jako velmi zdlouhavá, takže raději začal budovat nadzemní vedení podél železniční trati.

Tím se práce značně urychlily a 24. 5. 1844 byla trasa hotova, takže Morse mohl vyslat z Washingtonu do Baltimore památnou větu: „What hath God wrought“ [Bože, ono to funguje], kterou Vail v Baltimore opakoval a poslal Morseovi zpět.

Kongres chtěl vynález napřed odkoupit pro stát, ale pak od záměru ustoupil, Morse založil Magnetic Telegraph Company v Delaware a zakázky se hrnuly ze všech stran. V roce 1847 koupila přístroj i Evropa - první byl na lince Cuxhaven - Hamburk, od roku 1849 se používal i v Rakousko-Uhersku a od císaře Františka Josefa I. dostal Morse zlatou císařskou medaili.

Z Morseových finančních zisků byla značně obdarovávána církev. Svými společníky však byl stále více obviňován z toho, že si přivlastnil většinu zásluh o svůj vynález - i těch, které mu nepřináležely - a např. s Josephem Henrym se zcela rozešel.

V roce 1848 se podruhé oženil, v 50. letech se osobně účastnil pokládky transatlantického kabelu a pak se pomalu stahoval do ústraní, neboť jeho osobnost vyvolávala nejrůznější střety.

Ještě se pokusil vrátit k malířství, znovu začal vykonávat funkci prezidenta Academy of Design, ale poznal, že již nemůže konkurovat novým trendům v umění.

Dočkal se toho, že američtí telegrafisté mu ještě za jeho života postavili v Central Parku v New Yorku bronzovou sochu. V roce 1865 na mezinárodním telegrafním kongresu byl Morseův telegrafní přístroj schválen pro vzájemný mezinárodní styk.

Další etapou pak již byly telegrafy tisknoucí přímo písmena, jako např. telegraf Hughesův aj. Morse zemřel 2. 4. 1872.

Werner von Siemens

patří k největším vynálezcům Německa a také k největším podnikatelům této země. Jeho vynálezy měly ohromný význam pro další rozvoj elektrotechniky.

Narodil se poblíž Hannoveru v malé vesnici Leuthe 13. 12. 1816. V okolí nebyla škola a tak se mu základní vzdělání dostalo jen v rodině. Velmi se zajímal o přírodní vědy a matematiku, ovšem finanční situace rodiny nedovolovala, aby studoval. Proto se stal vojákem z povolání a studoval vojenské inženýrství.

Jeho oba rodiče brzy zemřeli a Werner se musel postarat o svých dalších 13 sourozenců. Měl výbušnou povahu, a tak se dostal do vězení za účast při souboji, které již tehdy byly zakázány. Ve vězení přišel na svůj první objev - galvanické stříbření a zlacení - a byl to výsledek snahy přijít na něco, co by mohl výhodně zpeněžit. Skutečně svůj patent, který získal v roce 1842, prodal do Anglie.

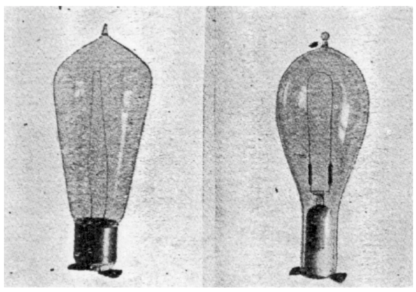
Pak pracoval na dalších objevech, z nichž mnohé měly vojenský význam. Přišel např. na princip elektrického odpalování mořských min. To však již bylo v Berlíně, kam byl přeložen do dělostřeleckých dílen. Intenzivně se zajímal o telegrafní spojení. Vymyslel zdokonalený ručkový telegraf a po propuštění z armády založil telegrafní firmu, která zřizovala dálkové telegrafní linky v Rusku.

Přišel na způsob, jak dokonale izolovat kabely, které tam bylo nutné klást i přes rozsáhlé vodní toky, a těchto zkušeností bylo později využito i při kabelovém propojení Evropy s Amerikou. Jeho telegrafní přístroj dostal na výstavě elektrotechniky v Londýně v roce 1851 nejvyšší ocenění, a tak si britská vláda objednala zřízení telegrafního spojení mezi Londýnem a Kalkutou v Indii, které mělo celkovou délku 11.000 kilometrů. Zvláštností je, že dosloužilo až v roce 1931.

Ihned po seznámení se s vynálezem telefonu začal Siemens vyrábět i telefonní přístroje, ústředny, v roce 1884 získal patent na koaxiální kabel.

Na Belínské průmyslové výstavě v roce 1879 vystavoval svou první elektrickou lokomotivu, v Berlíně uvedl do provozu první elektrickou tramvaj, v Mannheimu představil elektrický výtah, který velmi rychle nahradil do té doby užívané pomalé výtahy hydraulické.

V roce 1888 byl za své zásluhy povýšen do šlechtického stavu, jeho jméno nese jednotka vodivosti [S] v soustavě SI.



Siemensovy žárovky

Literatura

[1] *Carleton, M.*: The American Leonardo. New York, 1944.
[2] *Freebody, J. W.*: Telegraphy. Londýn 1958.
[3] Antique Radio č. 31. Maser 1999.
[4] Antique Radio č. 30. Maser 1999.
[5] *Otto, J.*: Ottův slovník naučný. Praha, b. r.
[6] *Netoliczka, E.*: Illustrierte Geschichte der Elektricität. Wien, 1886.

Ing. Jiří Peček, OK2QX

NF TECHNIKA NEJEN PRO HUDEBNÍKY

Z různých pramenů vybral a poznámkami opatřil Jaroslav Belza

Zesilovač pro sluchátka

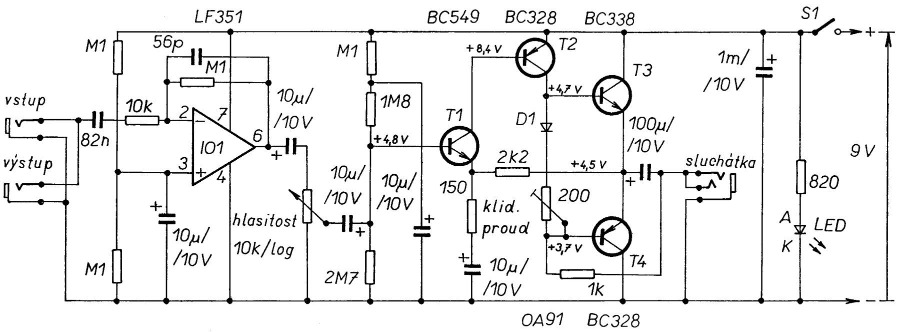
Zesilovač pro sluchátka je zajímavý pro všechny hudebníky, kteří hrají na elektronické hudební nástroje. Umožňuje jim nejen cvičit v době, kdy by hlasitá hudba způsobila rozruch mezi sousedy v domě, ale také např. naladit nástroj uprostřed jam session.

Když hraje více hudebníků pohromadě, bývá někdy problém s hlasitostí jejich nástrojů. Každý chce svůj nástroj slyšet, třeba i jen proto, aby slyšel co hraje. To nebývá problém u „živých“ vystoupení - tam má zpravidla každý muzikant svůj příposlechový reprobox, ve kterém si nastaví hlasitost nezávisle na hlasitosti hlavních reproduktorových soustav. Zcela jiná situace nastane ve studiu, kde by takový příposlech mohl zcela znehodnotit nahrávku. I zde může zesilovač pro sluchátka pomoci.

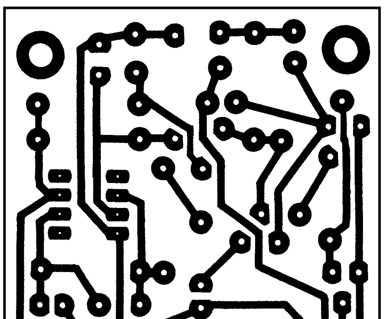
Popsaný zesilovač můžete použít nejen pro sluchátka, malý výkon je schopen dodat i do reproduktoru. Má výstup propojený na další konektor, a tak jej lze zařadit kamkoli do signálové cesty. Záměrně má také minimum ovládacích prvků – kromě spínače napájení už jen regulátor hlasitosti.

Zapojení zesilovače je na obr. 1. Signál ze vstupu prochází přes kondenzátor 82 nF (může být i 100 nF) na předzesilovač s operačním zesilovačem v invertujícím zapojení. Rezistory 100 kΩ vytvářejí umělý střed napájecího napětí pro OZ. Předzesilovač má zesílení 10. Bude-li mít zdroj signálu větší vnitřní odpor, zesílení se zmenší. Kondenzátor 56 pF ve zpětné vazbě OZ zmenšuje zesílení pro vf rušivé signály.

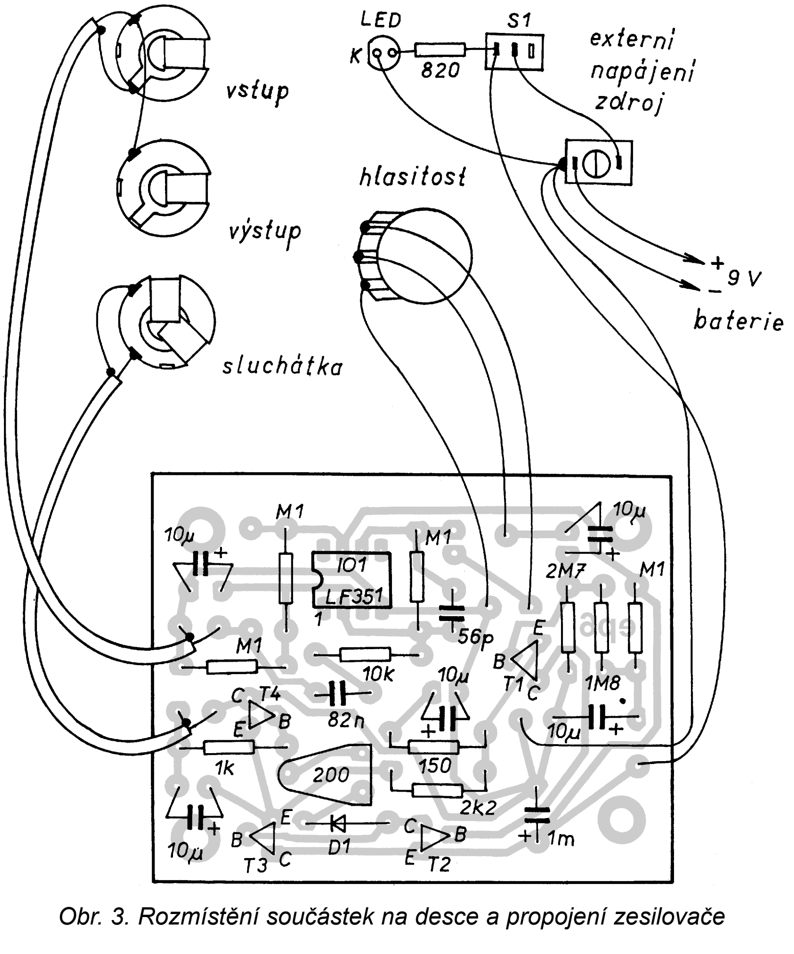
Za předzesilovačem následuje regulátor hlasitosti s logaritmickým potenciometrem 10 kΩ a koncový zesilovač. Koncový zesilovač je tranzistorový. Děličem je na bázi T1 vytvořeno napětí o něco větší než je polovina napájecího napětí. Přímovázaná dvojice tranzistorů T1 a T2 budí koncové komplementární tranzistory T3 a T4. Rezistor 1 kΩ z báze T4 do výstupu zesilovače zavádí kladnou zpětnou vazbu (bootstrap), umožnující dosáhnout většího rozkmitu výstupního na-



Obr. 1. Schéma zesilovače pro sluchátka



Obr. 2. Deska s plošnými spoji pro zesilovač v měřítku 1:1. Rozměry desky jsou 50 x 67,5 mm



Obr. 3. Rozmístění součástek na desce a propojení zesilovače

pětí. Tato vazba má ještě jeden efekt: Největší část napájecího proudu prochází budicím tranzistorem T2 a koncovými tranzistory T3 a T4. Při nezapojených sluchátkách je zpětnovazební rezistor stejnosměrně odpojen od země a koncovým zesilovačem prochází jen velmi malý proud. Tím se šetří baterie, ponecháme-li zesilovač omylem zapnutý.

U koncového zesilovače je třeba nastavit klidový proud koncovými tranzistory. Při malém klidovém proudu má zesilovač velké zkreslení, při velkém zase zbytečně velkou spotřebu. Klidový proud se nastavuje trimrem, který je zapojen v sérii s germaniovou diodou mezi bázemi T3 a T4. Klidový proud můžeme nastavit podle sluchu tak, aby byl co nejmenší, avšak aby již nebylo slyšet přechodové zkreslení. Něvěřiteli svým uším, můžete nastavit klidový proud tak, aby celý zesilovač odebíral v klidu (bez signálu) asi 20 mA.

Pozn. red.: Koncový zesilovač můžete snadno vylepšit. Doporučuji zapojit rezistor s odporem 10 až 100 kΩ mezi bázi a emitor T2. Výrazně se tím zvětší napěťové zesílení dvojice tranzistorů T1 a T2 - samozřejmě pokud by nebyla zapojena zpětná vazba. Protože je však zesílení nastaveno zpětnou vazbou, zmenší se touto úpravou zkreslení zesilovače. Další úpravu můžeme udělat v obvodu koncových tranzistorů. Do přívodu k emitorům tranzistrorů T3 a T4 přidáme rezistory s odporem asi 4,7 Ω. Diodu D1 nahradíme jednou nebo lépe dvěma křemíkovými diodami. Ty mohou být jakékoli, např. 1N4148, KA... apod. Po této úpravě se zlepší linearita koncového stupně a tím dále zmenší zkreslení. Nevýhodou této úpravy je, že se poněkud zmenší maximální výkon zesilovače.

Protože, je odběr proudu přeci jen větší, není k napájení použita „destičková“ baterie 9 V, ale šest tužkových baterií. Můžete uvažovat také o síťovém zdroji, je však třeba si uvědomit, že síť nemusí být vždy po ruce.

Stavba a oživení

Většina součástek je osazena na desce s plošnými spoji podle obr. 2. Osazení a připojení desky je na obr. 3. Zesilovač vestavíme do vhodné krabičky, např. takové, jaká se používá pro kytarové efekty. Oživení zesilovače není při pečlivé práci obtížné. Do série s napájecí baterií (zdrojem) zapojíme miliampérmetr. Trimr nastavíme na nejmenší odpor. Zapneme zesilovač a přivedeme signál. Trimrem nastavíme při malé hlasitosti co nejmenší zkreslení, současně však kontrolujeme, zda není příliš velký napájecí proud. Jako zdroj signálu použijeme buď přímo hudební nástroj, nebo signál z magnetofonu či CD.

Seznam součástek

rezistory (¼ W, 5 %)

1x	150 Ω
1x	820 Ω
1x	1 kΩ
1x	2,2 kΩ
1x	10 kΩ
4x	100 kΩ
1x	1,8 MΩ
1x	2,7 MΩ
1x	220 Ω, trimr
1x	10 kΩ, log. potenciometr

kondenzátory

1x	56 pF, keramický
1x	82 nF, svitkový
5x	10 μF/10 V, elektrolytický
1x	100 μF/10 V, elektrolytický
1x	1000 μF/10 V, elektrolytický

polovodičové součástky

1x	OA9, germaniová dioda
1x	BC549, tranzistor n-p-n
1X	BC338 (BC639), tranzistor n-p-n
2x	BC328 (BC640), tranzistor p-n-p
1x	LF351 (TL071), operační zesil.
1x	červená LED

ostatní součástky

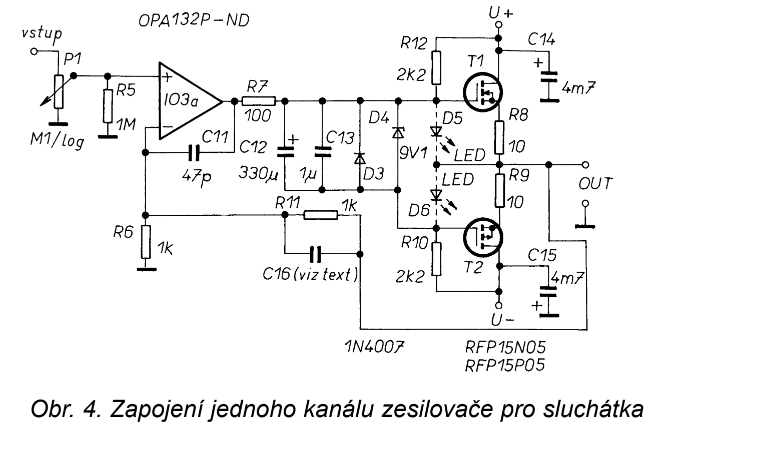
1x	deska s plošnými spoji
1x	jednopólový spínač
1x	držák pro 6 tužkových baterií
1x	3,5 nebo 6.3 mm stereofonní konektor pro sluchátka
2x	6,3 mm mono jack
1x	skříňka

Electronics Australia - Audio and video projects 1986.

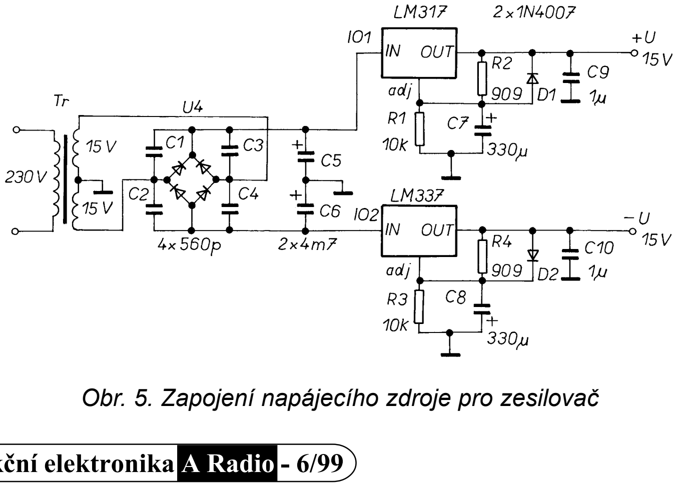
High-End zesilovač pro sluchátka

podle Sheldona D. Stokese

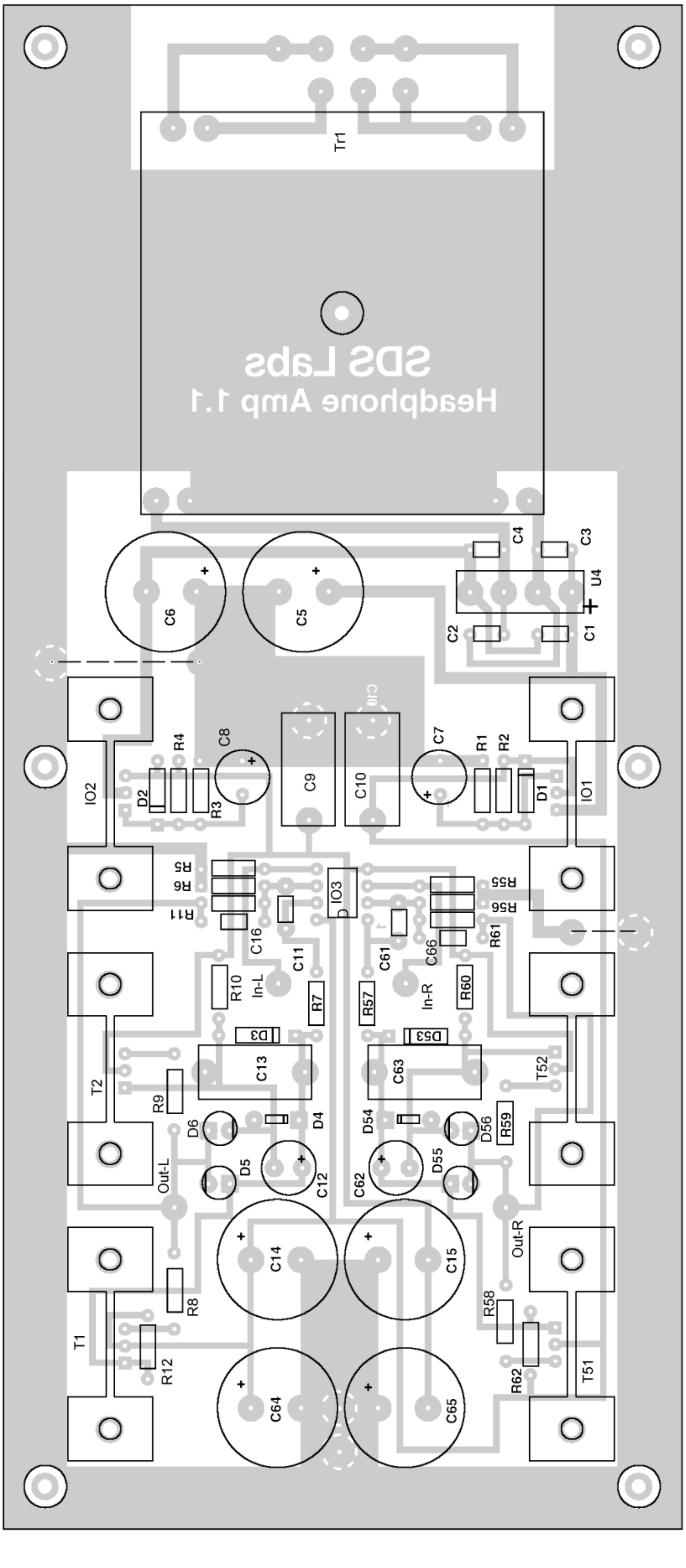
Tento zesilovač jsem nalezl při brouzdání Internetem. V úvodu jeho popisu autor uvádí, že si koupil kvalitní sluchátka Grado SR-60. Ty používal na cestách, avšak domácímu použití bránila skutečnost, že jeho přehrávač CD neměl výstup pro sluchátka a samozřejmě ani regulaci úrovně výstupního signálu. Chtěl si proto postavit kvalitní zesilovač, který by mohl použít pro všechny zdroje signálu. Další text je víceméně překladem návodu z Internetu. Na některých místech jsou v popisu zesilovače chyby. Protože jsem do textu nechtěl příliš zasahovat, jsou mé připomínky ke konstrukci psány kurzívou. Vzhledem k tomu, že použitý operační zesilovač i tranzistory budou u nás asi hůře dostupné, berte popis spíše jako inspiraci k vývoji „svého“ zesilovače.



Obr. 4. Zapojení jednoho kanálu zesilovače pro sluchátka



Obr. 5. Zapojení napájecího zdroje pro zesilovač



Obr. 6. Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji

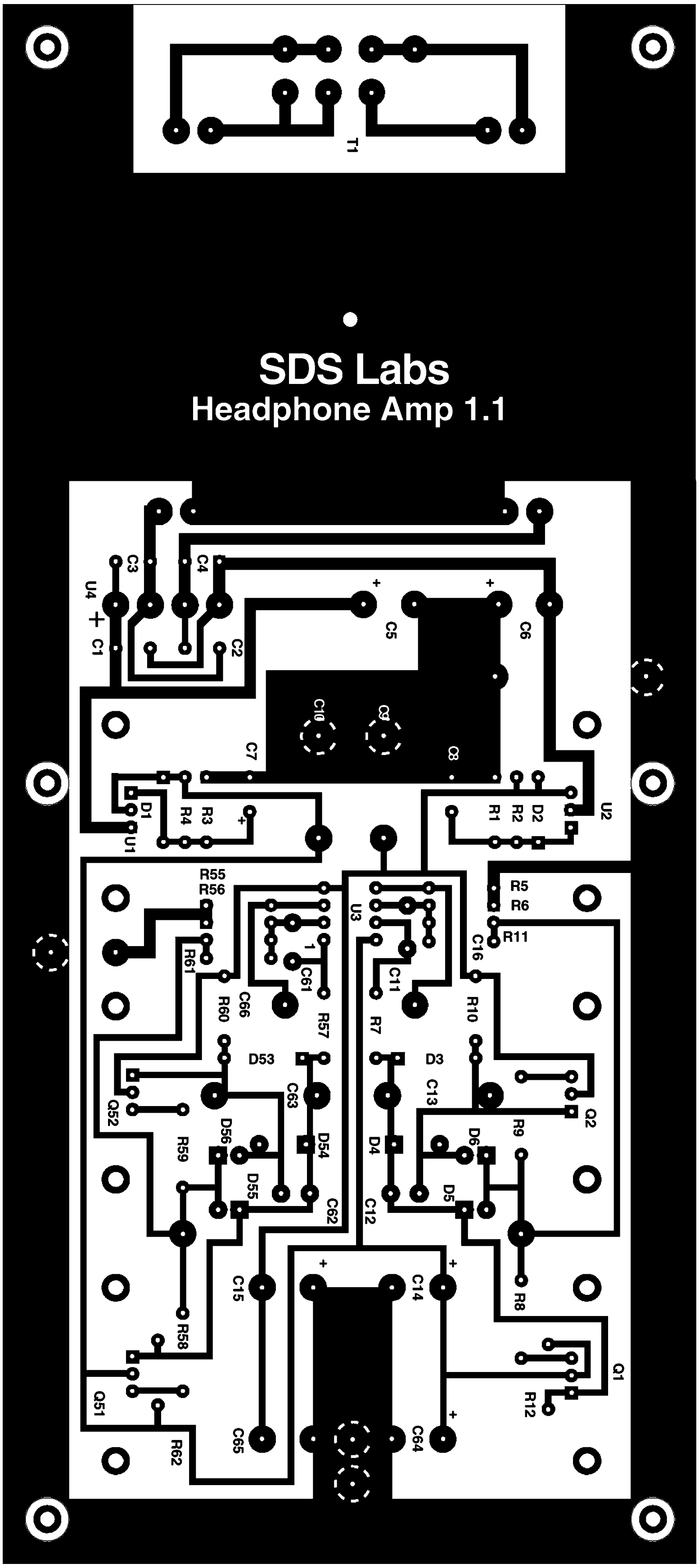
První myšlenkou bylo použít elektronkový zesilovač, který by byl zapojen jako katodový sledovač. Uvedená sluchátka však mají malou impedanci - jen 32 Ω (tak jak je již dnes standardem). To by však bylo dosti nepraktické, neboť by bylo třeba použít „velké“ elektronky, kterými by tekl poměrně značný proud. Dále popsané zapojení vzniklo úpravou zesilovače, popsaného v [2]. Největší rozdíl spočívá v náhradě bipolárních tranzistorů ve výstupním obvodu tranzistory MOSFET.

Srdcem zapojení je dvojitý operační zesilovač, který budí komplementární dvojici tranzistorů MOSFET. Z výstupu je zavedena záporná zpětná vazba, zmešující zkreslení signálu. Napěťové zesílení je zpětnou vazbou nastaveno na 2. Zesilovač je doplněn potenciometrem na vstupu, kterým lze řídit hlasitost.

Operační zesilovač pracuje v neinvertujícím zapojení. Výstup OZ je zatížen jen nepatrně, protože je „posílen“ výstupními tranzistory. Pro zvuk zesilovače je velmi dobré, že OZ nepracuje na hranicích svých možností. Mnoho komerčně prodávaných zesilovačů budí sluchátka přímo z výstupu operačního zesilovače. I když by zesilovač mohl být takto zapojen, dal autor přednost zapojení s výkonovými tranzistory na výstupu. Dramaticky se tím zmenšila „drsnost“ a „řezavost“ zvuku, což jsou nejčastější „nemoci“ zapojení s operačními zesilovači. Proto zřídkakdy používá operační zesilovače při návrhu seriózních zařízení vzhledem k jejich problematické zvukové kvalitě. Ve zde uvedeném zapojení pracuje operační zesilovač s velmi malým zesílením a malou zátěží, protože nebudí sluchátka přímo. Tyto dvě skutečnosti způsobují, že zesilovač je velmi „neutrální“ a „hudební“ zařízení. Ke zlepšení zvuku přispívá i napájecí stabilizovaný zdroj s malou impedancí. Zesilovač je přímo vázaný, v signálové cestě nejsou žádné vazební kondenzátory.

Zesilovač používá Zenerovu diodu k nastavení klidového proudu výstupními tranzistory. Klidový proud je na tak malý zesilovač značný. Koncový stupeň pracuje ve třídě A až do výkonu 2 W. Na každém koncovém tranzistoru je v klidu ztráta 1 W. Proto je každý koncový tranzistor opatřen chladičem. *(Zde si autor odporuje: pokud je na koncovém tranzistoru ztráta 1 W, teče tranzistorem při napájecím napětí 15 V klidový proud asi 70 mA. Aby proud tranzistorem zcela nezanikl, může do zátěže téci střídavý proud nejvýše 50 mA. Tomu odpovídá výkon 80 mW do zátěže 32 Ω. Použité koncové tranzistory mají prahové napětí asi 3 V. Tomu odpovídá klidový proud přibližně 150 mA, klidová ztráta na jednom tranzistoru 2 W a maximální výkon ve třídě A 350 mW.)*

Výstupní výkon zesilovače může být omezen. K omezení výkonu slouží dvojice LED ve výstupním obvodu. Je-li rozkmit napětí příliš velký, diody se otevřou a výstupní signál je omezen. Ve svém prototypu autor tyto LED nepoužil, protože nechtěl zhoršit kvalitu výstupního signálu zesilovače. To ostatně není potřeba, pokud je amplituda vstupního signálu malá. *(S připojenými LED by zesilovač pravděpodob-*



Obr. 7. Deska s plošnými spoji pro zesilovač v měřítku 1:1

ně nepracoval, nebo jen velmi špatně! Součet prahových napětí LED je mnohem menší než napětí Zenerovy diody. Klidový proud koncových tranzistorů by se dramaticky zmenšil. Svítivými diodami by trvale tekl proud několik mA a „otevřený“ přechod diody by pro nf signál zkratoval výstup OZ přímo na výstup zesilovače. Při malých úrovních by signál koncové tranzistory obcházel a výstup by byl buzen přímo z výstupu OZ.)

Zesilovač má dostatečný výkon a je schopný vybudit i reproduktorové soustavy. Může dodat výkon asi 4 W, při větším výkonu je signál již omezen. Zesilovač omezuje nesymetricky, protože řídicí elektrody (gate) tranzistorů MOSFET nejsou buzeny ve středu jejich potenciálu. To je z toho důvodu, aby operační zesilovač měl lepší zvuk. V mnoha případech se používá rezistor zapojený z výstupu OZ směrem k jednomu z napájecích napětí. Po takové úpravě výstupní obvod OZ pracuje ve třídě A. Připojením výstupu OZ ke gate jednoho z koncových tranzistorů - místo do jejich středu - se posune výstupní napětí OZ v klidu asi na 4,5 V a výstupní obvod OZ pak pracuje ve třídě A. To se může zdát v rozporu s požadavkem malé zátěže operačního zesilovače, avšak zátěž OZ zůstane v podstatě stejná. *(I v tomto případě pracuje výstupní obvod OZ ve třídě B nebo AB, protože podle okamžité polarity signálu teče proud buď „do“ nebo „ven“ z výstupu OZ. Posunutím napěťové úrovně se výstupní obvod OZ do třídy A nedostane.)*

Nesouměrná limitace signálu není u zesilovače pro sluchátka na závadu, protože vám „poteče krev“ z uší mnohem dříve, než zesilovač začne omezovat. Pokud byste chtěli použít zesilovač k buzení reproduktorů, připojte výstup OZ do středu potenciálu mezi gate obou tranzistorů. K tomu použijte dva rezistory s odporem 450 Ω.

Autor věří, že použití tranzistorů MOSFET velmi zlepšilo zvuk zesilovače. S poměrně malými náklady tak lze postavit zesilovač s velmi průzračným zvukem.

Originální OZ můžete v zásadě nahradit jakýmkoli dvojitým OZ. Operační zesilovač se však významně podílí na kvalitě celého zesilovače. Myslím si, že linearita koncového stupně se značným klidovým proudem a použitý kvalitní OZ se podílejí na „dobrém zvuku“ zesilovače více než nesymetrické buzení koncových tranzistorů. Ne všechny OZ jsou vhodné ke konstrukci nf zařízení. S takovým MA1458 nebo LM358 nemůžete čekat žádné úžasné výsledky. Než se rozhodnete zakoupit nějaký dražší typ, můžete zesilovač vyzkoušet např. s NE5532. Ten za příznivou cenu nabízí velmi dobrou kvalitu.

Použité tranzistory MOSFET mají maximální napětí 50 V, proud 15 A a odpor v sepnutém stavu max. 0,15 Ω. Prahové napětí U_{GS} je 2 až 4 V.

Originální návod na zesilovač si můžete stáhnout na adrese http://www.clarkson.edu/~stokessd.

[1] Stokes, S.D.: SDS Labs Headphone Amplifier. http://www.clarkson.edu/~stokessd.

[2] Jung, W. G.: Audio IC Op-Amp Applicatons. Howard Sams & Co 1987.

Předzesilovač pro elektrickou kytaru

Tento levný a nenáročný předzesilovač pro kytaru lze připojit k jakémukoli nízkofrekvenčnímu zesilovači. Potenciometry lze nastavit zesílení a zdůraznění vysokých tónů. K napájení je slouží běžná devítivoltová baterie.

Většina nízkofrekvenčních zesilovačů potřebuje pro plné vybuzení signál na linkovém vstupu s úrovní nejméně 150 mV, zatímco kytarové snímače dodávají signál s úrovní nejvýše 20 mV. Potřebné zesílení signálu lze realizovat popsaným zesilovačem.

Technické údaje

Kmitočtová charakteristika: rovná do 100 kHz, -3 dB na 40 Hz.
Vstupní impedance: 30 kΩ.
Výstupní impedance: méně jak 1 kΩ.
Maximální výstupní napětí: více jak 2 V.
Zesílení: 2,3 až 17,6 (7 až 25 dB).
Zdůraznění výšek: až 15 dB.
Zkreslení: méně jak 0,1 %.
Odstup signál/šum: 60 dB při výstupním napětí 150 mV a maximálním zesílení.
Odběr proudu: méně jak 2 mA.

Popis zapojení

Jak je vidět z obr. 8, je zapojení předzesilovače velmi jednoduché. První stupeň s tranzistorem T1 zesiluje nízké kmitočty jen málo. Zesílení takového stupně s tranzistorem a relativně velkým emitorovým odporem je pro malá zesílení určeno ani ne tak vlastnostmi tranzistoru, ale převážně poměrem kolektorového a emitorového odporu. Pro vyšší kmitočty se již uplatňuje sériová kombinace rezistoru, kondenzátoru a potenciometru, připojená paralelně k emitorovému rezistoru. Signály jsou zdůrazňovány asi od kmitočtu 300 Hz tím více, čím je odpor, nastavený potenciometrem, menší. Pokud je potenciometr „vytočen“ na maximální odpor, je zdůraznění výšek prakticky zanedbatelné. Je-li jeho odpor nulový, jsou vyšší kmitočty zdůrazněny asi o 15 dB.

Z kolektoru tranzistoru je přes kondenzátor 100 nF signál přiveden na operační zesilovač. Rezistory 22 kΩ je vytvořeno předpětí pro neinvertující vstup OZ. Součástkami ve zpětné vazbě je nastaveno zesílení v rozsahu 1,7 až 13 (4,5 až 22 dB). Zesílení se mění podle nastavení potenciometru. Z výstupu OZ je signál přiveden přes kondenzátor 4,7 μF na výstupní konektor. Operační zesilovač zajišťuje nejen potřebné zesílení, ale i malou výstupní impedanci.

Stavba a oživení

Předzesilovač je postaven na desce s plošnými spoji podle obr. 9. Rozmístění součástek na desce a propojení přístroje je na obr. 10.

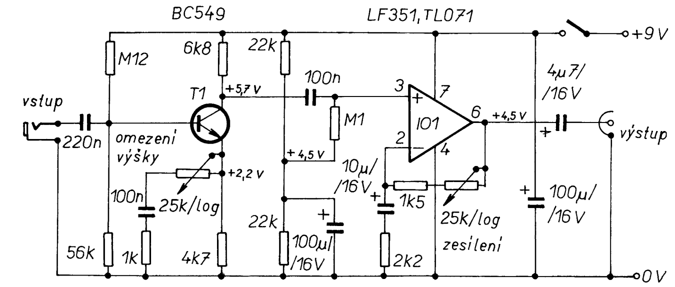
Přístroj doporučuje autor věstavět do plastové skříňky o rozměrech 130 x x 67 x 41 mm. Z tuzemských, běžně dostupných krabiček by mohla vyhovět krabička KM35B. Pro vstupní konektor použijeme jack 6,3 mm (mono), pro výstupní CINCH (případně jiný podle vlastního uvážení). Nemáte-li na zesilovači tlačítko MONO, zapojíme raději výstupní konektory dva paralelně - každý pro jeden kanál. Vstupní a výstupní konektor je propojen s deskou stíněným kablíkem, všechny ostatní spoje vedeme obyčejným drátem.

Pozor na správnou polaritu napájecí baterie. Použijeme-li běžně prodávaný klips, je vývod kladného pólu červeným drátem, vývod záporného černým. Baterii můžeme umístit dovnitř krabičky; vzhledem k malé spotřebě přístroje vydrží dosti dlouho.

Oživení je velmi jednoduché. Připojíme napájení a voltmetrem zkontrolujeme napětí v bodech podle schématu. Napětí by se neměla lišit o více než 0,5 V. Ke vstupu připojíme kytaru (nebo jiný zdroj signálu). K výstupu připojíme přes rezistor s odporem 470 Ω sluchátka nebo malý reproduktor. Reprodukce je sice velmi slabá, ale pro posouzení funkce přístroje to postačí.

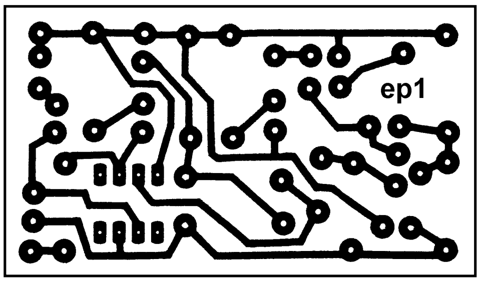
Teprve takto oživený předzesilovač připojíme k linkovému vstupu nf zesilovače. Na zesilovači nastavíme pro jistotu nejdříve regulátory hlasitosti a výšek na minimum. Teprve po zapnutí předzesilovače pomalu zvětšujeme hlasitost zesilovače. Zahrajeme několik tónů a vyzkoušíme regulaci zesílení a výšek.

Electronics Australia - Audio and video projects 1986.

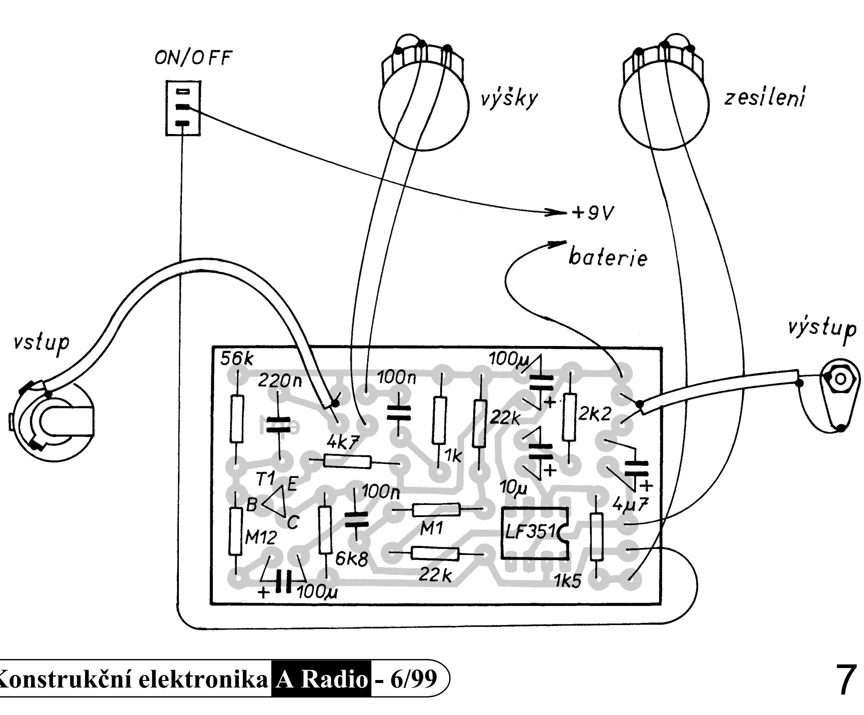


Obr. 8. Předzesilovač pro kytaru - schéma zapojení

Obr. 9. Deska s plošnými spoji pro předzesilovač v měřítku 1:1. Rozměry desky jsou 62,5 x 36 mm



Obr. 10. Rozmístění součástek na desce a propojení přístroje



Zesilovač pro kytaristy

Zesilovač je určen k výuce hry na elektrickou kytaru a hudební produkci v menších prostorách. Výstupní výkon 25 W je pro daný účel zcela postačující. Přestože zesilovač postavíte z levných a běžně dostupných součástek, má velmi dobré parametry. Kromě běžných funkcí má navíc vestavěn efekt tremolo.

Technické údaje

Výstupní výkon:
27 W, (zátěž 8 Ω, zkreslení 0,13 %),
35 W, (zátěž 4 Ω, zkreslení 0,13 %),
Kmitočtová charakteristika:
20 Hz až 20 kHz, ±1,5 dB.
Vstupní citlivost při 1 kHz:
vstup LO: 20 mV,
vstup HI: 100 mV.
Odstup cizích napětí:
59 dB při výst. výkonu 10 W.
Harmonické zkreslení:
méně jak 0,07 % při výst. výkonu do 10 W.
Činitel tlumení: 75 při 1 kHz,
50 při 30 Hz.

Pozn.: Odstup *cizích napětí* byl měřen bez váhového filtru. Odstup *rušivých napětí*, který se měří s filtrem imitujícím citlivost lidského sluchu by byl mnohem větší.

Popis zapojení

Zesilovač má dva vstupy. Vstup s menší citlivostí (100 mV), označený HI použijeme pro připojení baskytary nebo kytary, jejíž snímač dodává velké napětí. Vstup s větší citlivostí (20 mV), označený LO použijeme pro běžné typy snímačů. Impedance vstupu HI je asi 45 kΩ, vstupu LO asi 100 kΩ.

Schéma zesilovače bylo z důvodu redakční úpravy článku rozděleno na více částí. Předzesilovač a napájecí zdroj je na obr. 11, koncový stupeň na obr. 12.

Signál ze vstupu je přiveden na dvoustupňový přímovázaný předzesilovač s tranzistory T1 a T2. Rezistory ve zpětné vazbě je nastaveno zesílení asi 22. Předpětí pro bázi tranzistoru T1 je odvozeno z děliče v emitoru T2. Aby tato druhá záporná zpětná vazba neovlivňovala zesílení předzesilovače, jsou rezistory v emitoru T2 zablokovány elektrolytickým kondenzátorem 100 µF.

Pro zvětšení stability předzesilovače jsou do obvodu zapojeny dva kondenzátory s kapacitou 100 pF. První je v bázi T1 a spolu s rezistorem 10 kΩ od vstupu tvoří filtr pro kmitočty nad 150 kHz. Druhý je zapojen paralelně ke zpětnovazebnímu rezistoru 33 kΩ a zmenšuje zesílení pro kmitočty nad 50 kHz. Obě tato omezení nemají vliv na signály v akustickém pásmu, zlepšují však stabilitu zesilovače a potlačují pronikání vf signálů do zesilovače.

Za předzesilovačem následuje korektor nízkých a vysokých tónů s tranzistorem T3. Rozsah regulace je ±18 dB na kmitočtu 50 Hz a ±20 dB na kmittočtu 10 kHz. Korektor je typu „Baxandal“ v klasickém zapojení.

Dále signál prochází na regulátor hlasitosti a „předzesilovací“ stupeň s tranzistorem T4. Paralelně k části emitorového odporu T4 je připojen tranzistor J-FET s kanálem N (T6). Je-li tremolo vypnuto, je gate tranzistoru T6 připojena na nulový potenciál (zem) a odpor kanálu tranzistoru se nemění. Nemění se proto ani zesílení stupně s tranzistorem T4.

Je-li tremolo zapnuto, je z oscilátoru tremola přiveden signál s přibližně sinusovým průběhem až na gate T6. Odpor kanálu tranzistoru J-FET se mění v závislosti na řídicím napětí. Současně se také mění zesílení stupně s T4 a vzniká efekt tremola. Intenzitu efektu lze nastavit potenciometrem 100 kΩ v obvodu gate T6.

Oscilátor tremola tvoří základní napěťový zesilovač doplněný fázovacím článkem ve zpětné vazbě mezi vstupem a výstupem. Oscilátor kmitá na kmitočtu, při kterém se signál ve fázovacím článku posune o 180 °. O dalších 180 ° posune signál tranzistor T5. Aby se oscilátor rozkmital, je třeba, aby zesílení stupně s T5 bylo větší, než útlum fázovacího článku. Kmitočet oscilátoru lze v jistém rozsahu měnit potenciometrem.

Zapojení koncového zesilovače je na obr. 12. Koncové zesilovače s obdobným zapojením byly poprvé publikovány již před více než 25 lety, a jejich zapojení se postupem času příliš neměnilo. Teprve posledních několik let se v kategorii zesilovačů s výkonem desítek wattů prosazují integrované obvody. I dnes je však levnější postavit zesilovač z klasických součástek. Je sice pracnější, to však při amatérské stavbě příliš nevadí – vyrobit nebo upravit vhodnou skříňku dá zpravidla mnohem víc práce.

Zesilovač používá symetrické napájecí napětí. Tato koncepce umožňuje zapojit zesilovač bez rozměrného výstupního kondenzátoru, protože na výstupu zesilovače je stejnosměrné napětí blízké 0 V.

Tranzistory T7 a T8 tvoří vstupní diferenční zesilovač. Je napájen ze zdroje proudu s tranzistorem T9. Další zdroj proudu (s tranzistorem T10) napájí rozkmitový stupeň zesilovače. Na diodách D1 a D2 se pro tyto zdroje proudu vytváří vhodné předpětí. Velikost proudu je určena předpětím a emitorovým odporem tranzistoru. Zatímco tranzistor T9 dodává proud asi 3 mA, T10 dodává pro rozkmitový stupeň asi 12 mA.

Rozkmitový stupeň s tranzistorem T11 zajišťuje největší část napěťového zesílení koncového zesilovače. Tomu značně přispívá i to, že pracuje „do zdroje proudu“ s již zmíněným T10. Linearitu tohoto stupně zlepšuje lokální záporná zpětná vazba, realizovaná rezistorem v emitoru T11.

Obvod s tranzistorem T16 vytváří předpětí pro koncový stupeň. Pro střídavý signál představuje prakticky zkrat.

Úkolem koncového stupně je, aby dodal do zátěže potřebný proud. Jeho napěťové zesílení je blízké 1. Zesilovač má koncový stupeň v tzv. kvazikomplementárním zapojení. Při tomto zapojení jsou oba výkonové tranzistory shodného typu. Tranzistory T12 a T14 (oba n-p-n) jsou v Darlingtonově zapojení a celek se chová jako jeden tranzistor n-p-n s velkým proudovým zesílením. Napěťové zesílení je nepatrně menší než 1. Tranzistory T13 (p-n-p) a T15 (n-p-n) jsou v zapojení se společným emitorem. Z kolektoru T15 do emitoru T13 je zavedena prakticky 100 % lokální záporná zpětná vazba. Obvod má pak napěťové zesílení blízké 1 (nepatrně větší) a chová podobně jako výkonový tranzistor p-n-p s velkým proudovým zesílením – tedy velmi podobně jako dvojice tranzistorů T12 a T14. Dioda D3 způsobuje, že napěťový posuv signálu je u stupně s T13 a T15 prakticky shodný jako u stupně s T12 a T14 a obě větve koncového stupně jsou více symetrické. Kondenzátor 22 nF paralelně k D3 zmenšuje Millerovy kapacity tranzistoru T15.

Stejnosměrné předpětí koncového stupně vytváří tranzistor T16. Koncovým stupněm musí téci trvale jistý proud, aby zkreslení zesilovače bylo malé. Potřebné předpětí – asi ±1,4 V se nastavuje trimrem v bázi T16.

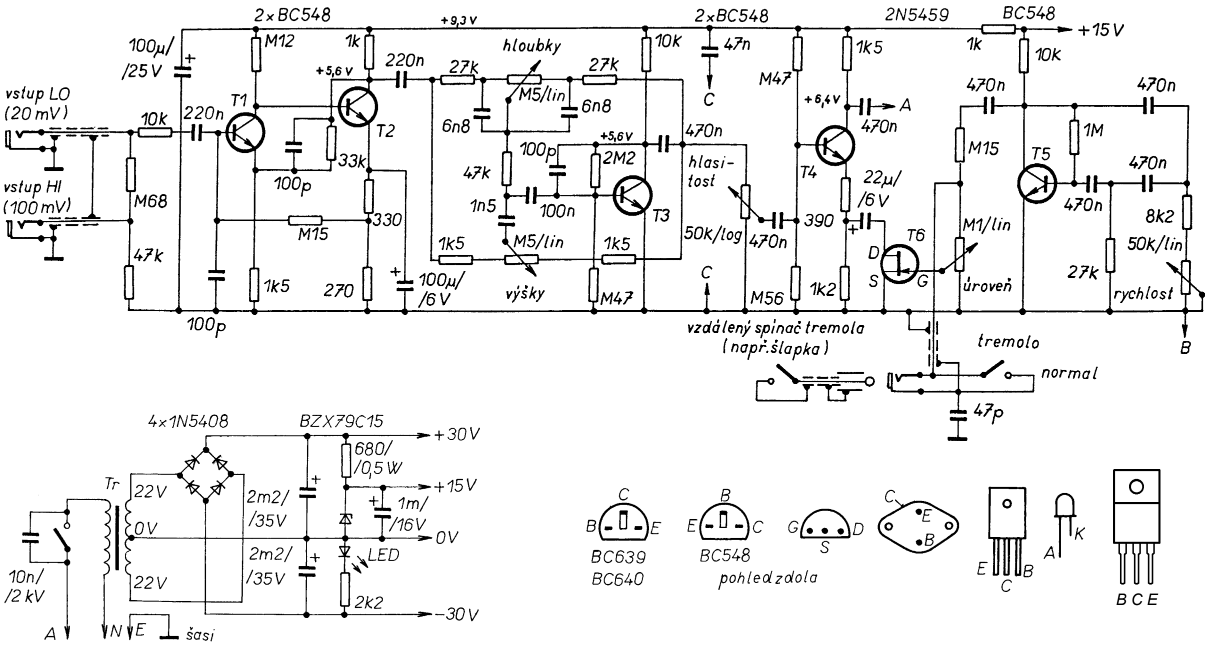
Zesílení koncového stupně je určeno zpětnou vazbou z výstupu zesilovače do do báze T8. Rezistory s odporem 22 a 1 kΩ je nastaveno na 23. Zesílení pro velmi nízké kmitočty je omezeno zapojením kondenzátoru s kapacitou 22 µF so série s rezistorem 1 kΩ. Pro stejnosměrný signál je proto zesílení koncového zesilovače rovno jedné.

Stabilitu koncového zesilovače pro zátěž s výraznou reaktanční složkou impedance zajišťuje obvod *RLC*, zapojený do výstupu zesilovače. Současně také zabraňuje pronikání vf signálů, šířících se po dlouhých přívodech k reproduktorům do zpětné vazby zesilovače.

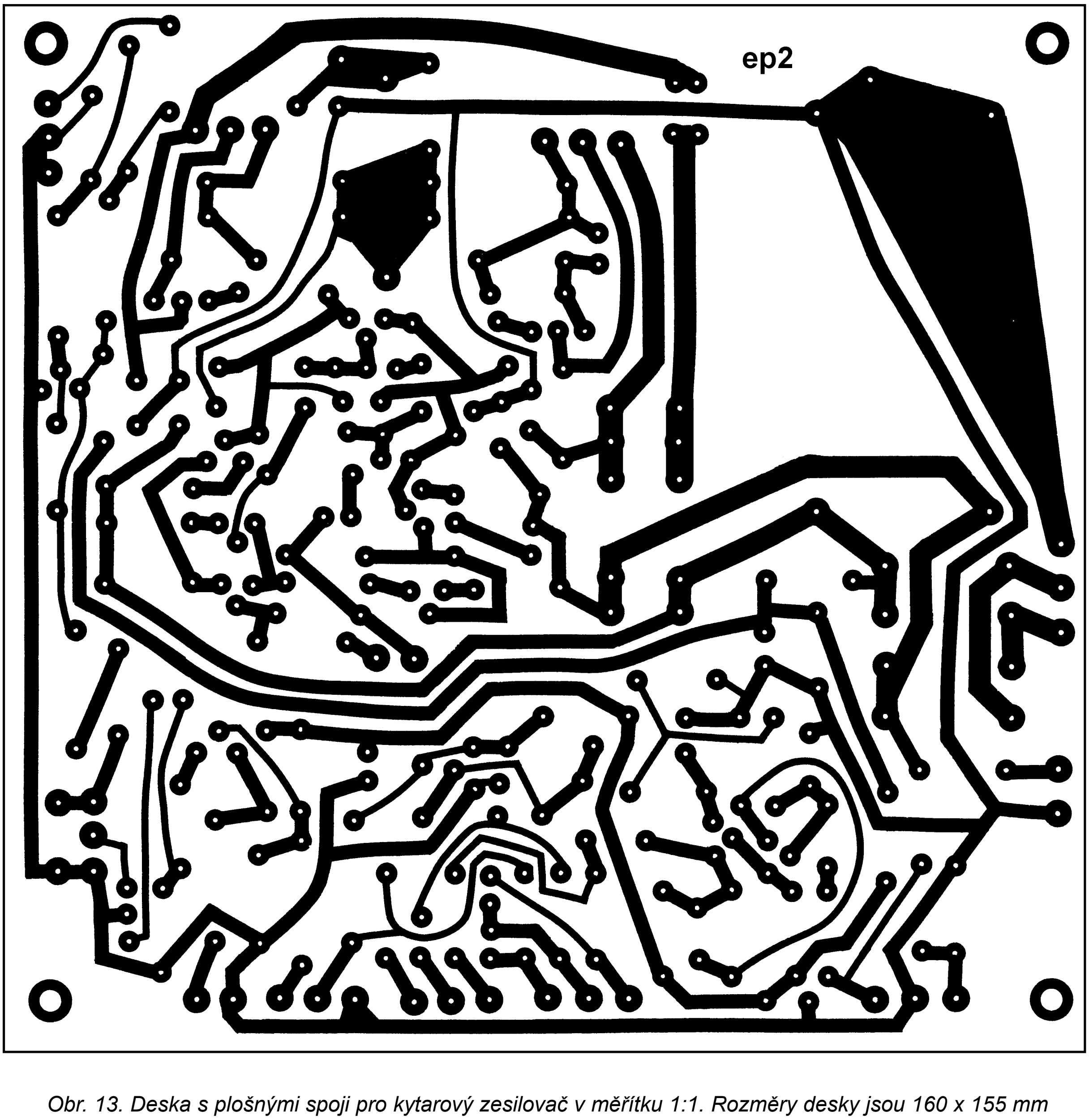
Stavba zesilovače

Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 14. Na obrázku je také propojení celého zesilovače. Výkres desky je na obr. 13.

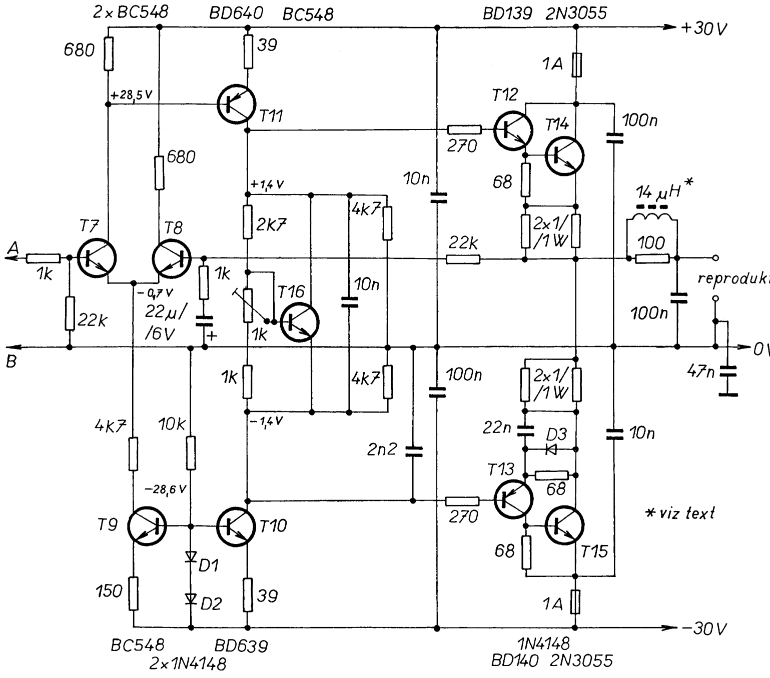
Na desce osadíme nejdříve drátové propojky, pokračujeme rezistory, kondenzátory a nakonec osadíme diody a tranzistory. Při osazování nezaměňte tranzistory BC639/BC640 s tranzistory BC548. Tranzistor BC639 má



Obr. 11. Zesilovač pro kytaristy - předzesilovač a napájecí zdroj



Obr. 13. Deska s plošnými spoji pro kytarový zesilovač v měřítku 1:1. Rozměry desky jsou 160 x 155 mm



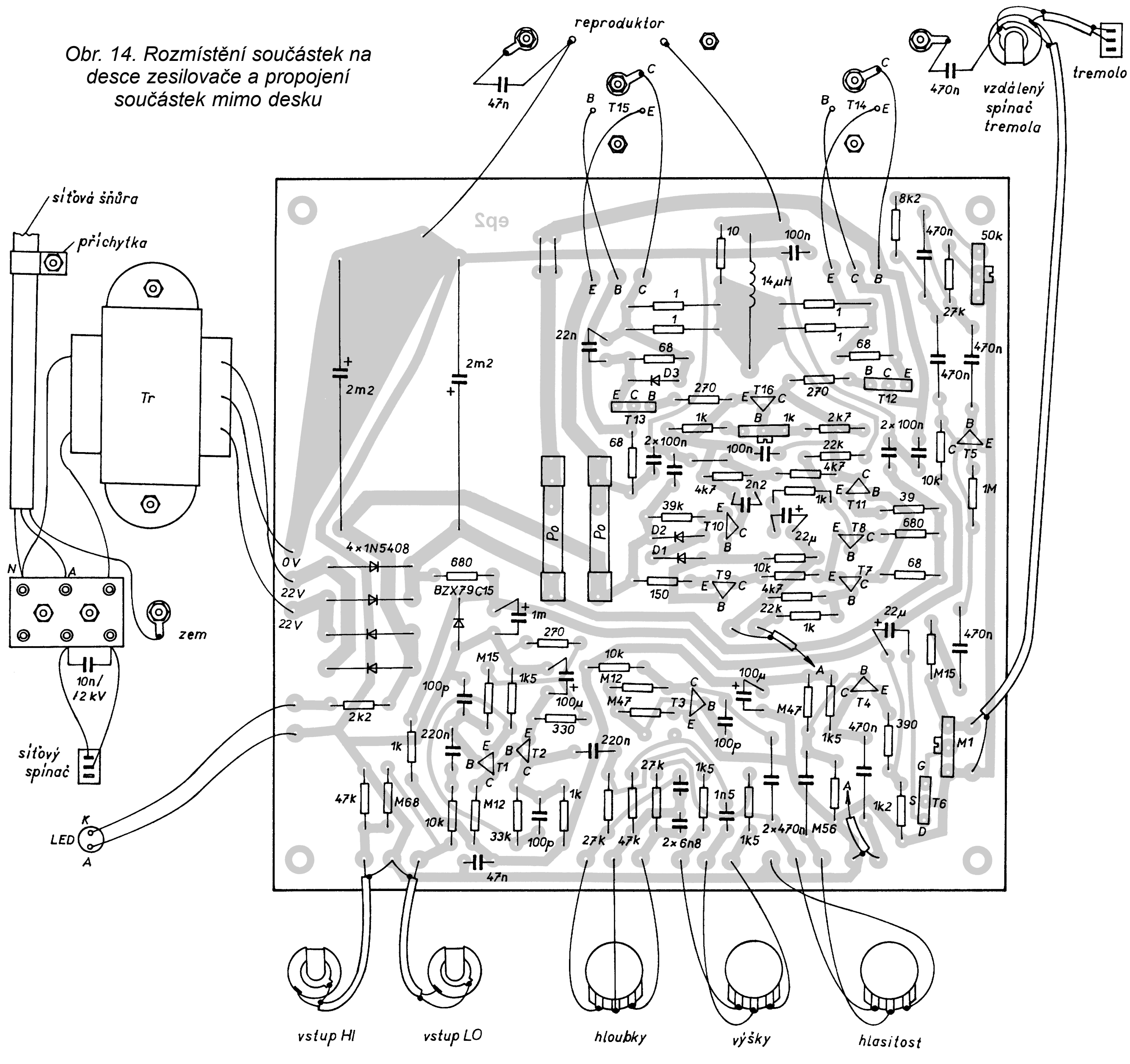
Obr. 12. Zesilovač pro kytaristy - koncový stupeň

na rozdíl od BC548 jinak zapojené vývody, BC640 navíc ještě opačnou vodivost. Tranzistory BC639 a BC640 vydrží také větší napětí i proud. V případě potřeby je můžete nahradit tranzistory BD139 a BD140 (ne však naopak!)

Originální koncové tranzistory jsou v kovovém pouzdře TO3. Může však použít i tranzistory MJE3055T v pouzdře TO220. Použití jiných tranzistorů je možné, je však třeba vybrat typ určený pro nf techniku, který je odolný proti tzv. druhému průrazu. Z tuzemských tranzistorů vyhoví tranzistory KD... nebo KDY...

Při osazování elektrolytických kondenzátorů je třeba dbát na správnou polaritu. Tlumivku 14 µH ve výstupním obvodu doporučuje autor původního článku koupit hotovou. Tlumivku si však snadno zhotovíte sami. Stačí navinout asi 10 závitů na feritovou tyčku z odrušovacího členu. Po navinutí cívku zpevníte vhodným lepidlem. Indukčnost tlumivky není kritická, je však lepší, bude-li spíše větší než menší.

Obr. 14. Rozmístění součástek na desce zesilovače a propojení součástek mimo desku



Jedinou ochranou koncového stupně jsou pojistky v přívodech ke koncovým tranzistorům. Při zkratu na výstupu zesilovače nebo při proražení (zkratu) některého z koncových tranzistorů se pojistka přepálí. Při přetížení zesilovače a přehřátí koncových tranzistorů je ochrana neúčinná – nepoužívejte proto reproduktory s impedancí menší než 4 Ω.

Pro připojení vstupních konektorů k zesilovači použijte stíněný kablík. Kouskem stíněného kablíku je také propojen výstup předzesilovače se vstupem koncového zesilovače na desce s plošnými spoji.

Osazenou desku zamontujeme do vhodné skříňky. Síťový transformátor přišroubujte na nějakou podložku alespoň 3 mm nad dno skříňky. Zmenší se tím bzučení kovového dna skříňky způsobeného vznikem vířivých indukovaných proudů. Přívody od sekundárního vinutí k desce s plošnými spoji vzájemně zkroutíme. Koncový zesilovač není příliš citlivý na velikost napájecího napětí. Nepodaří-li se vám sehnat tranformátor se sekundárním vinutím 2x 22 V, můžete použít i transformátor s napětím 2x 15, 2x 18 nebo 2x 24 V. Maximální výstupní výkon však bude s transformátorem 2x 15 V jen asi poloviční. Naopak při použití transformátoru s napětím 2x 24 V bude třeba použít filtrační kondenzátory ve zdroji na větší napětí (40, 50 nebo 63 V).

Konektor pro připojení spínače tremola je třeba připevnit ke skříňce izolovaně, jinak vznikne zemní smyčka a zesilovač by mohl brumět. Pro připojení reproduktoru použijeme pružinové svorky. Pokud použijete i pro připojení reproduktoru konektor jack 6,3 mm (tak jak to hudebníci občas činí), je třeba i tento konektor připevnit ke skříňce izolovaně.

Jako chladič pro výkonové tranzistory použil autor kovovou skříňku zesilovače. Ať už použijete pro chlazení skříňku nebo nějaký hliníkový profil, je třeba tranzistory připevnit přes izolační podložky. Dosedací plocha musí být hladká, bez vyvýšenin a otřepů v okolí děr. Izolační podložku je vhodné potřít z obou stran silikonovou vazelínou, zlepší se tím přestup tepla. Před připojením tranzistorů do desky s plošnými spoji se ještě pro jistotu ohmmetrem (nebo jinou zkoušečkou) přesvědčíme, zda jsou tranzistory od chladiče opravdu odizolovány a případný zkrat odstraníme.

Síťová šňůra prochází zadní stěnou skříňky a je proti vytržení zajištěna příchytkou. K propojení síťové šňůry, transformátoru a spínače je použita svorkovnice. Paralelně ke spínači je zapojen kondenzátor 10 nF. Použijeme buď keramický (ten musí být dimenzován na stejnosměrné napětí 2000 V) nebo lépe svitkový, speciální typ určený pro střídavé napětí 250 nebo 275 V. Kondenzátor odstraní rušení, vznikající při vypnutí zesilovače zajiskřením spínače a projevující se jako lupnutí v ostatních audiozařízeních. Ještě účinnější je zapojit do serie s kondenzátorem rezistor s odporem 47 až 100 Ω. Rezistor by měl vydržet krátkodobě velký impulsní proud. Proto jej použijeme raději na zatížení 1 nebo 2 W, i když jeho průměrné zatížení je zcela zanedbatelné (asi 5 mW pro 100 Ω).

Oživení zesilovače

Po důkladné kontrole propojení zesilovač oživíme. Místo pojistek zapojíme pomocné rezistory s odporem 100 Ω. Trimr 1 kΩ v bázi T16 vytočíme na maximální odpor a regulátor hlasitosti nastavíme na minimum. Žádnou zátěž zatím nepřipojujeme.

Zapneme napájení a změříme napětí na pomocných rezistorech; mělo by být menší než 1 V. Stejnosměrné napětí na výstupu zesilovače by mělo být nejvýše ±100 mV. Trimr v bázi T16 nastavíme tak, aby na pomocných rezistorech byl úbytek napětí 2 V. Tomu odpovídá klidový proud 20 mA.

Nakonec ještě změříme napětí ve vyznačených bodech zesilovače. Napětí by se neměla lišit o více jak 10 %. Je-li vše v pořádku, odstraníme pomocné rezistory (samozřejmě při vypnutém zesilovači) a nahradíme je pojistkami. Připojíme reproduktor a zdroj signálu a zesilovač řádně odzkoušíme. Tím je jeho oživení skončeno.

Seznam součástek

rezistory (¼ W, 5 %, není-li uvedeno jinak)

4x 1 Ω
1x 10 Ω
2x 39 Ω
3x 68 Ω
1x 150 Ω
3x 270 Ω
1x 330 Ω
1x 390 Ω
2x 680 Ω
1x 680 Ω, ½ W
5x 1 kΩ
1x 1,2 kΩ
4x 1,5 kΩ
1x 2,2 kΩ
1x 2,7 kΩ
3x 4,7 kΩ
1x 8,2 kΩ
4x 10 kΩ
2x 22 kΩ
3x 27 kΩ
1x 33 kΩ
2x 47 kΩ
1x 120 kΩ
2x 150 kΩ
2x 470 kΩ
1x 560 kΩ
1x 680 kΩ
1x 1 MΩ
1x 2,2 MΩ

kondenzátory

3x 100 pF, keramický
1x 1,5 nF, svitkový
1x 2,2 nF, svitkový
2x 6,8 nF, svitkový
1x 10 nF/275 V~, viz text
1x 22 nF, svitkový
2x 47 nF, svitkový
7x 100 nF, svitkový
2x 220 nF, svitkový
8x 470 nF, svitkový
2x 22 µF/6 V, elektrolytický
1x 100 µF/6 V, elektrolytický
1x 100 µF/25 V, elektrolytický
1x 1000 µF/16 V, elektrolytický
2x 2200 µF/35 V, elektrolytický

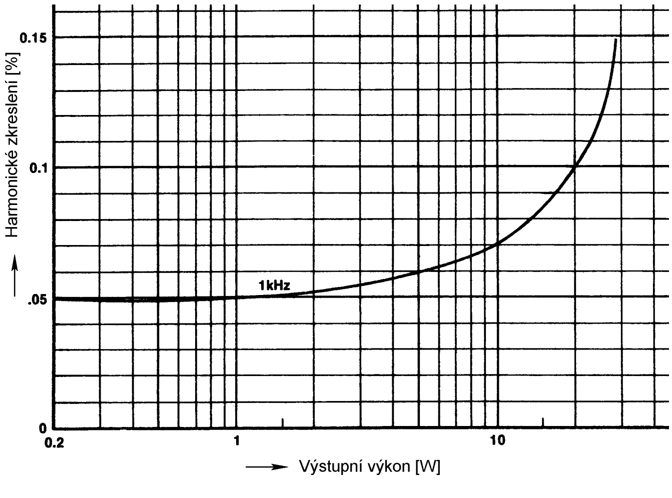
polovodičové součástky

9x BC548, tranzistor n-p-n
1x 2N5459 (BF245), N-kanál JFET
1x BC639, tranzistor n-p-n
1x BC640, tranzistor p-n-p
1x BD139, tranzistor n-p-n
1x BD140, tranzistor p-n-p
2x 2N3055, tranzistor n-p-n
3x 1N4148, dioda
4x 1N5408, dioda
1x BZX79C15, Zenerova dioda 15 V,0,4 W
1x červená LED

ostatní součástky

1x tlumivka 14 µH, viz text
1x transformátor 230/2x 22 V; 1,25 A
1x síťový spínač
1x miniaturní spínač
2x pojistka 1 A
4x pojistkový klips (2 páry)
2x izolační podložka (pro T14 a T15)

Electronics Australia - Audio and video projects 1986.



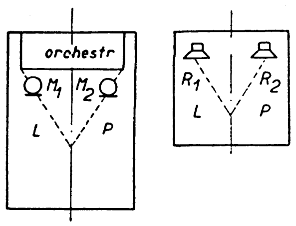
Obr. 15. Závislost zkreslení zesilovače na výstupním výkonu (zátěž 8 Ω)

Experimenty s umělou hlavou

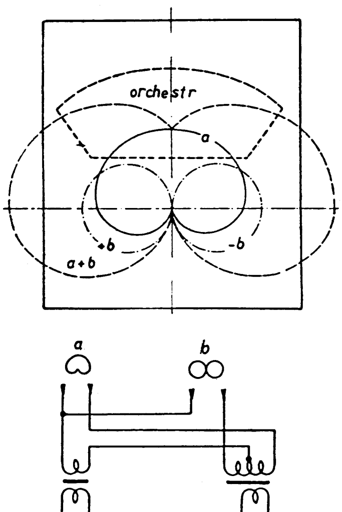
Každý z nás jistě již někdy pořídil nahrávku na kazetový magnetofon, ať už to byla první slova našich dětí, záznam porady v zaměstnání nebo pirátská nahrávka na koncertu. Zdatnější fonoamatéři se možná pokusili i o stereofonní záznam. Ten je však technicky náročnější, a tak je výsledek často nevalné kvality.

Pomineme ryze elektronické vytvoření stereofonního signálu mixováním signálů jednotlivých hudebních nástrojů do levého a pravého kanálu v různém poměru (tak je dnes nahrána naprostá většina hudební produkce). Pro „živý“ záznam potřebujeme zpravidla dva mikrofony.

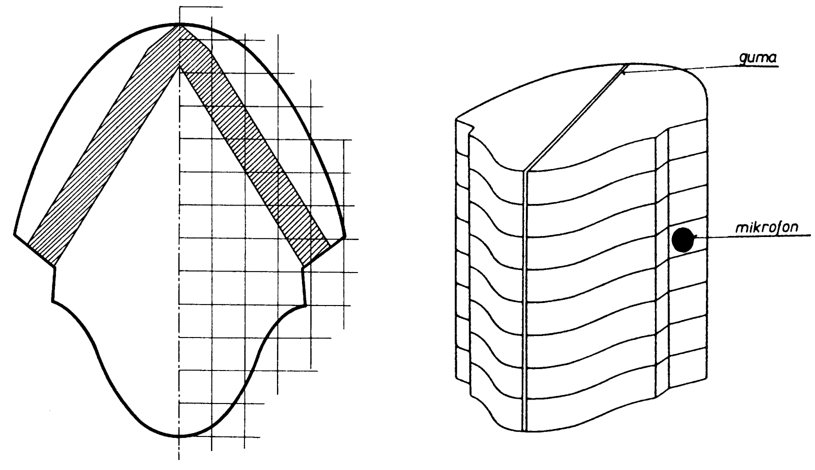
Historicky nejstarší je systém označený A-B (obr. 16). Při něm jsou použity dva mikrofony, umístěné před orchestrem v dostatečné vzdálenosti od sebe. Stereofonní vjem je vytvářen nejen různou intenzitou signálu v obou kanálech, ale především různým zpožděním (fází) signálu. Z takového stereofonního signálu nelze vytvořit monofonní signál v rozumné kvalitě, protože některé signály mohou mít v levém i pravém kanálu prakticky shodnou amplitudu, ale opačnou fázi. Ty se odečtou a z monofonního signálu zcela vytratí.



Obr. 16. Stereofonní záznam se dvěma mikrofony v systému A-B



Obr. 17. Stereofonní záznam se dvěma směrovými mikrofony umístěnými blízko sebe v systému X-Y



Obr. 18. Jednoduchá maketa pro pokusy s umělou hlavou

Z uvedených důvodů se při živých nahrávkách (pokud není použit „les“ mikrofonů a signál elektronicky mixován) používá systém označený X-Y. Ten používá dvou směrových mikrofonů umístěných co nejblíže u sebe. Zpravidla se používá mikrofon s ledvinovou a mikrofon s osmičkovou charakteristikou (obr. 17). Stereofonní signál se získá mixováním signálů z obou mikrofonů. Informace o směru, ze kterého zvuk přichází, není určena fází, ale pouze intenzitou signálu. Vyrobit monofonní signál pak není problém.

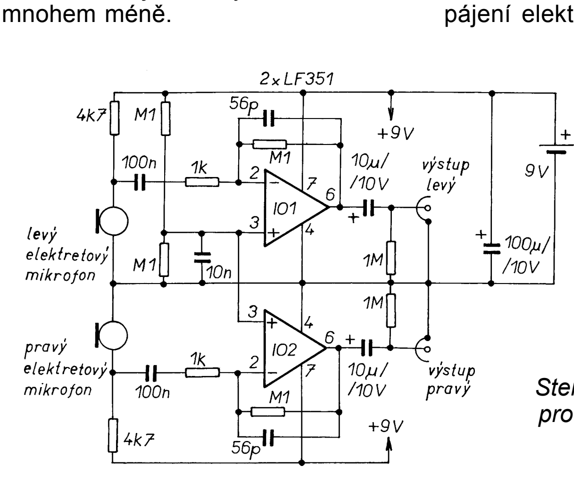
Zajímavou a amatérsky snadnou metodou získání stereofonního signálu je použití tzv. umělé hlavy. Mikrofony levého a pravého kanálu jsou v maketě lidské hlavy na místě uší. Při poslechu je nejlépe použít sluchátka. Stereofonní vjem může být tak dokonalý, že lze dokonce poznat zda zvuk přichází zepředu nebo zezadu. Pro poslech z reproduktorů není tento systém příliš vhodný, protože stejně jako u systému A-B je směrová informace určena nejen amplitudou, ale i fází signálu. Mikrofony jsou však mnohem blíže u sebe a fáze a amplituda signálu se od sebe v jednotlivých kanálech liší mnohem méně.

Pro pokusy s umělou hlavou můžete použít hlavu z pěnového polystyrénu, jaká se prodává pro odkládání paruk. Umístit malé elektretové mikrofony je práce jen na několik minut. Mikrofony by neměly z umělé hlavy vyčnívat. Nevýhodou polystyrénové hlavy je její nepřesnost (nemá např. ušní boltce).

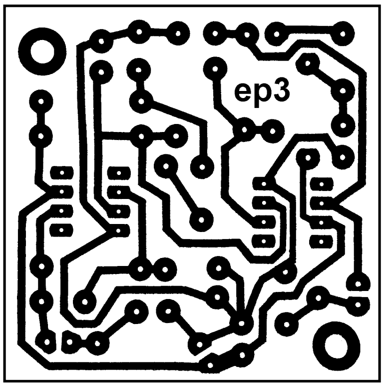
Jinou možností je je vyrobit „Fantomase“ podle [3]. V uvedeném článku je i podrobný návod. Maketa hlavy je vytvořena z polystyrénových desek podle obr. 18. Čtverce v pomocné síti mají velikost 2 x 2 cm. Celková výška by měla být asi 24 cm. Polystyrénové desky jsou spojeny prádelní gumou a pevně ovinuty dvěma obinadly.

Umělou hlavu připevníme na kloubový držák od lampičky nebo na fotografický stativ, abychom ji mohli snadno otočit do požadovaného směru.

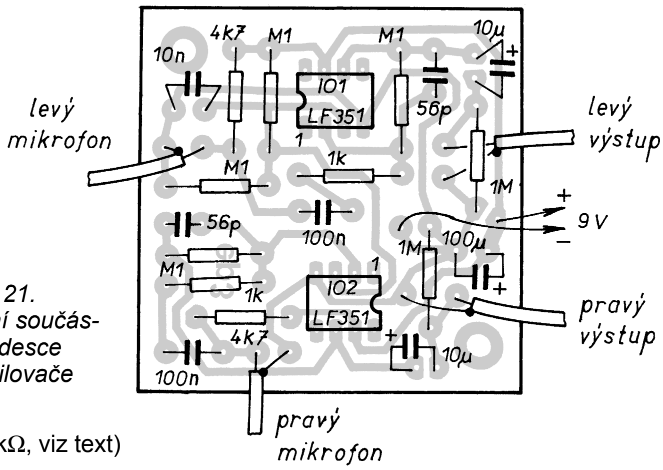
Pro pořízení nahrávky budete potřebovat možná mikrofonní předzesilovač. Zapojení jednoduchého předzesilovače je na obr. 19. Operační zesilovače jsou v invertujícím zapojení se zesílením 100. Kondenzátory 56 pF omezují kmitočtový rozsah shora asi na 25 kHz. Zdola je kmitočtový rozsah omezen na několik set hertzů. Pro experimenty je to výhodné, protože u signálů s nízkými kmitočty lidské ucho stejně nerozezná směr, odkud zvuk přichází. Pokud byste pak chtěli použít předzesilovač i pro pořízení kvalitních nahrávek, bylo by třeba zvětšit kapacitu vstupních kondenzátorů ze 100 nF na několik mikrofaradů. Také odpor rezistoru pro napájení elektretového mikrofonu bude



Obr. 19. Stereofonní předzesilovač pro elektretové mikrofony



Obr. 20. Deska s plošnými spoji pro mikrofonní předzesilovač v měřítku 1:1. Rozměry desky jsou 50 x 50 mm



Obr. 21. Rozmístění součástek na desce předzesilovače

třeba upravit podle konkrétního typu mikrofonu. S uvedeným rezistorem (4k7) je pracovní proud asi 1,5 mA. Běžně prodávané mikrofonní vložky mají napájecí proud od 0,2 mA a tak zvolíme pro začátek odpor tohoto rezistoru raději 18 nebo 22 kΩ a podle potřeby jej upravíme.

Seznam součástek

rezistory (¼ W, 5 %)

2x 1 kΩ
2x 4,7 kΩ (18 kΩ, viz text)
4x 100 kΩ
2x 1 MΩ

kondenzátory

2x 56 pF, keramický
1x 10 nF, svitkový
2x 100 nF, svitkový (2,2 μF, viz text)
2x 10 μF/10 V, elektrolytický
1x 100 μF/10 V, elektrolytický

polovodičové součástky

2x LF351 nebo TL071

ostatní součástky

2x elektretový mikrofon
1x baterie 9 V, klips
deska s plošnými spoji

[1] Electronics Australia - Audio and video projects 1986.
[2] Hanouz, J.: Slyšíme na obě uši. Amatéské radio 7/59, s. 185.
[3] Čížek, O.: Fantomas do každé rodiny. Amatéské radio 1/78, s. 30.

Sustain

Hudebníci používají několik efektů, prodlužujících tón kytary. Nejčastěji používaný fuzz je vlastně zesilovač, jehož signál je omezován dvěma antiparalelně zapojenými diodami na výstupu nebo ve zpětné vazbě zesilovače. Čím je signál silnější, tím je více zkreslen a blíží se spíše signálu s pravoúlým průběhem. Naopak slabé signály projdou prakticky bez zkreslení. Každý jistě zná nahrávky skladeb Jimmi Hendrixe, který fuzz používal.

Někdy může být velké zkreslení fuzzu nevhodné. Pak můžeme použít efekt nazývaný sustain, který má podobnou funkci - omezuje amplitudu výstupního signálu, avšak výstupní signál má mnohem menší zkreslení. Jedná se vždy o zesilovač, který si sám upravuje zesílení podle síly signálu.

V popsaném zapojení je použit obvod NE571, původně určený pro kompandéry. Tento obvod obsahuje dva nezávislé zesilovače s nastavitelným zesílením. V komunikačních zařízeních se zpravidla používá jeden jako kompresor výstupního signálu, druhý jako expander pro signál vstupní. V hifi technice se zpravidla používá každý zesilovač pro jeden kanál stereofonního signálu. Ve zde uvedeném zapojení jsou využity oba zesilovače, jejich použití je však naprosto odlišné. První je zapojen jako obyčejný invertující zesilovač, druhý jako zesilovač s automatickým řízením zesílení.

Sustain pracuje jako kompresor s velkým kompresním poměrem. Udržuje tak na výstupu téměř konstantní úroveň signálu pro velký rozsah vstupních úrovní. Zapojení má samozřejmě svá omezení. Nejmenší úroveň vstupního signálu je omezena maximálním zesílením obvodu. Zesílení signálu však nemůže být příliš velké, neboť při velmi slabém vstupním signálu (když se na kytaru zrovna nehraje) se na výstupu objeví brumy „pochytané“ snímačem kytary. V ideálním případě je zesílení tak velké, že se brumy na výstupu ještě neprojeví rušivě.

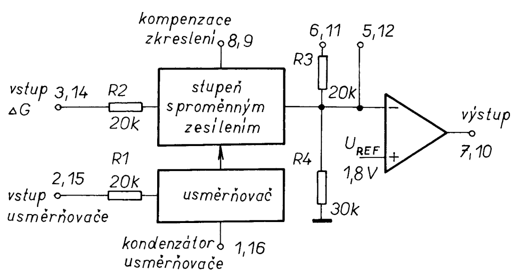
Použitý integrovaný obvod umí signály zesilovat i zeslabovat. Vstupní signál kompresoru by při běžné úrovni měl být tak silný, aby kompresor pracoval se zesílením blízko jedné. Protože však výstupní napětí snímačů je pouze 5 až 100 mV, pracoval by trvale s velkým zesílením. Proto je před vlastní kompresor zapojen ještě předzesilovač, který signál dostatečně zesílí. Zesílení lze nastavit potenciometrem v rozsahu přibližně od 1 do 100.

Kompresor musí mít velmi rychlý náběh, aby byly odstraněny, nebo alespoň minimalizovány nepříjemné pazvuky při náběhu tónu. Příliš rychlý náběh však způsobí zkreslení signálů nízkých kmitočtů. Proto je třeba zvolit vhodný kompromis. Praktickými pokusy bylo odzkoušeno, že optimální doba náběhu je 1,2 ms. Pro jiné hudební nástroje, případně jiné způsoby hry bude možná třeba dobu náběhu upravit změnou kapacity filtračního kondenzátoru C usměrňovače.

Podívejme se nyní podrobněji na obvod NE571 - obr. 22. Každá z jeho dvou částí má tři funkční bloky: operační zesilovač, přesný usměrňovač a stupeň s proměnným zesílením. Každý z těchto bloků je samostatně přístupný a obvod tak lze použít pro mnoho aplikací.

Použijeme-li obvod jako kompresor, je stupeň s proměnným zesílením zapojen ve zpětné vazbě operačního zesilovače. Zesílení je řízeno z výstupu usměrňovače. Vstup usměrňovače může být připojen ke vstupu nebo výstupu kompresoru podle toho, jakým způsobem má kompresor pracovat.

Výstup detektoru musí být filtrován před tím, než bude přiveden do stupně s proměnným zesílením. V opačném případě bychom dostali efekt, který by se dal nazvat „extrémní fuzz“ (ale to my nechceme, Jimmi). Filtrační kondenzátor je připojen k vývodu *16* (resp. *1*) IO. Jeho kapacita má vliv na dobu náběhu kompresoru, ale to již bylo zmíněno. Doba náběhu není určena jen kapacitou kondenzátoru, ale i odporem vnitřního rezistoru 10 kΩ. Odpor tohoto rezistoru byl zvolen výrobcem tak, aby vyhověl pro nejrůznější použití obvodu.



Obr. 22. Vnitřní blokové zapojení obvodu NE571

Zapojení sustainu je na obr. 23. První polovina obvodu (IO1a) je zapojena jako předzesilovač. Požadované zesílení nastavujeme potenciometrem ve zpětné vazbě. Potenciometr je stejnosměrně oddělen kondenzátorem. Omezí se tak „chrastění“ nastavujeme-li zesílení stupně. Stejnosměrný pracovní bod je nastaven rezistory 33 kΩ ve zpětné vazbě. Kondenzátor 10 µF naopak odstraňuje vliv této větve zpětné vazby na akustické signály. Keramický kondenzátor 22 pF zlepšuje stabilitu obvodu. Usměrňovač a stupeň s proměnným zesílením není využit. Potenciometr je spřažen s vypínačem.

Za předzesilovačem je zapojen kompresor s IO1b. Signál pak prochází přes přepínač Př2 na výstup. Přepneme-li tento přepínač, pracuje obvod pouze jako předzesilovač a výstup kompresoru není zapojen.

Na vstup usměrňovače (vývod *15*) a invertující vstup operačního zesilovače (vývod *11*) je přiveden zpracovávaný signál. Stupeň s proměnným zesílením je u kompresoru zapojen ve zpětné vazbě OZ. Vazba je zavedena z vývodu *10* do vývodu *14* přes kondenzátor 2,2 µF.

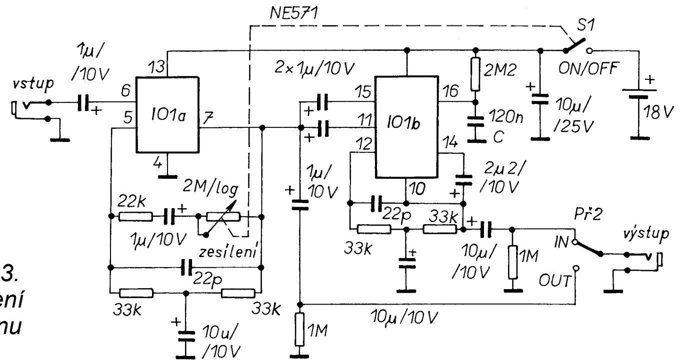
Na obr. 24 je závislost výstupního napětí na vstupním. Použitelný rozsah vstupních napětí byl při právě zvoleném nastavení předzesilovače potenciometrem 10 až 100 mV.

Funkce obvodu NE571 je zaručena pro napájecí napětí 6 až 18 V. V popsaném zapojení je vzhledem k nastavenému pracovnímu bodu potřeba napětí větší než 7 V. Protože proudový odběr je velmi malý – asi 3,5 mA – jsou k napájení přístroje použity dvě devítivoltové („destičkové“) baterie.

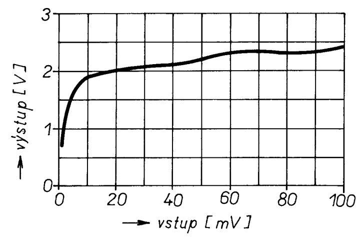
Stavba o oživení

Sustain je postaven na desce s plošnými spoji podle obr. 25. Desku, osazenou podle obr. 26 umístíme do vhodné krabičky. S ohledem na odstínění přístroje je vhodnější skříňka kovová. Do skříňky se kromě desky s plošnými spoji musí vejít i potenciometr, přepínač a dvě baterie. Skříňka je se zemí obvodu spojena přes upevňovací šroub s pájecím očkem a dále kouskem kablíku na desku s plošnými spoji. Ke konektorům jsou přivedeny jen „živé“ vodiče. Zem je připojena propojením skříňky na desku s plošnými spoji. Použijete-li skříňku plastovou, je pochopitelně třeba zemní vodiče propojit. Při použití plastové skříňky je vhodné desku s plošnými spoji odstínit, např. vylepením vnitřku skříňky alobalem.

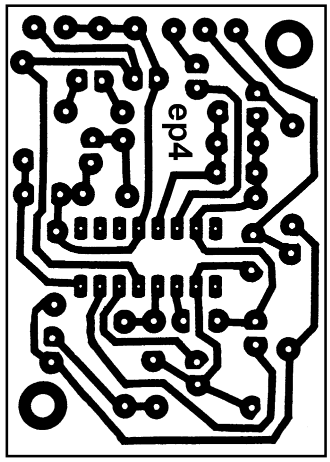
Sustain oživíme s připojeným zesilovačem a kytarou. Přepínač sustainu přepneme do polohy OUT, potenciometrem nastavíme nejmenší zesílení a na zesilovači malou hlasitost. Zapneme napájení a potenciometry na zesilovači a sustainu nastavíme přiměřenou hlasitost. Po přepnutí přepínače do polohy IN by hlasitost měla zůstat přibližně stejná, jen doznívání tónu kytary by mělo být mnohem delší.



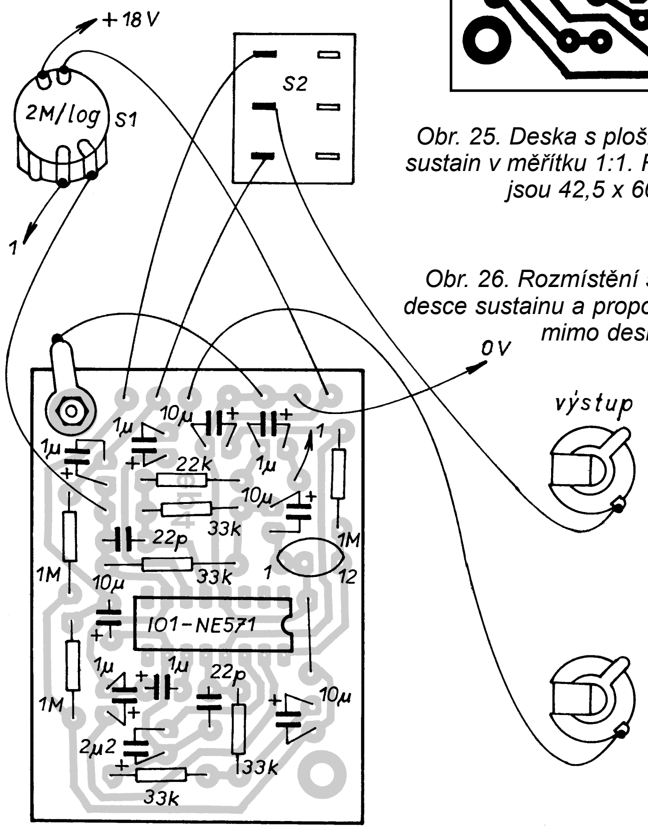
Obr. 23. Zapojení sustainu



Obr. 24. Výstupní napětí v závislosti na intenzitě signálu



Obr. 25. Deska s plošnými spoji pro sustain v měřítku 1:1. Rozměry desky jsou 42,5 x 60 mm



Obr. 26. Rozmístění součástek na desce sustainu a propojení součástek mimo desku

Seznam součástek

rezistory (¼ W, 5 %)

1x 22 kΩ
4x 33 kΩ
2x 1 MΩ
1x 2,2 MΩ
1x 2 MΩ, logaritmický potenciometr

kondenzátory

2x 22 pF, keramický
1x 120 nF, svitkový (viz text)
4x 1 µF/10 V, elektrolytický
4x 10 µF/10 V, elektrolytický
1x 10 µF/25 V, elektrolytický

polovodičové součástky

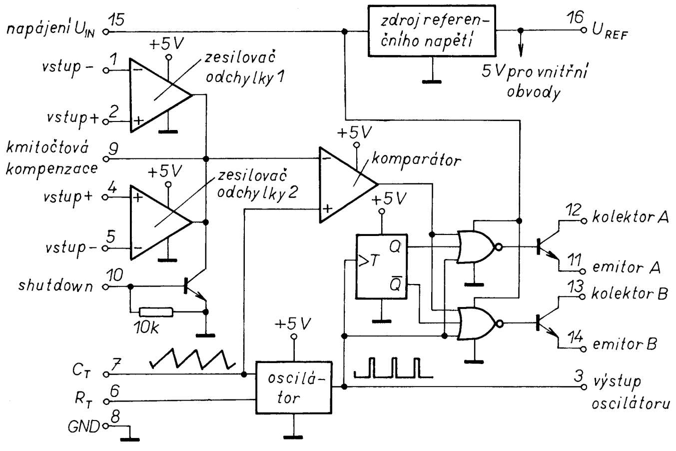
1x NE571

ostatní součástky

1x jednopólový přepínač
2x konektor jack 6,3 mm mono
2x baterie 9 V, klips
deska s plošnými spoji

Electronics Australia - Audio and video projects 1986.

Přenosný zesilovač Busker



Obr. 27. Vnitřní zapojení obvodu TL494

Zesilovač je napájen z akumulátoru a umožňuje hudební produkci i na místech, která jsou z dosahu elektrické sítě. Zesilovač má dva vstupy s různou citlivostí a lze k němu připojit elektrickou kytaru nebo jiný zdroj signálu. Výstupní výkon (asi 17 W) postačuje i pro dosti hlasitou reprodukci. Zesilovač je umístěn ve skříni společně s reproduktorem a akumulátorem.

Z běžného zesilovače napájeného napětím asi 12,5 V z olověného akumulátoru lze získat do zátěže 4 Ω výkon nejvýše asi 4,5 W. Většina zesilovačů dodá vzhledem k úbytkům napětí na přívodech a aktivních prvcích výkon ještě menší. Zvětšit výstupní výkon při tak malém napětí lze několika způsoby. Zdánlivě nejjednodušším je zmenšit odpor zátěže. Protože však reproduktory s impedancí menší než 4 W nejsou zrovna běžné, museli bychom jich zapojit více paralelně. Také zesilovač by musel být zkonstruován tak, aby zátěž s menší impedancí „utáhl“. Dále zvětšit výkon umožnuje můstkové zapojení. I v tomto případě jsou na zesilovač kladeny zvýšené nároky.

Pozn. red.: Další možností je použít výstupní transformátor. U zesilovače s výstupním transformátorem se mi kdysi podařilo dosáhnout výkon až 120 W, transformátor měl však průřez středního sloupku 12 cm^2 a byl taky příslušně hmotný.

Popsaný zesilovač využívá jiný způsob. Jednoduchý zesilovač pracuje do zátěže ne 2 nebo 4 Ω,ale dokonce 8 Ω. Potřebné napájecí napětí – asi 40 V – je získáno měničem. Zapojení má pro amatérskou stavbu několik předností: používá levné a snadno dostupné součástky a jednotlivé části lze oživit samostatně. Případnou závadu tak lze snadněji odhalit.

Popis zapojení

Schéma zesilovače je na obr. 28. Zapojení lze rozdělit na tři relativně samostatné části: předzesilovač, výkonový zesilovač a napájecí zdroj.

Napájecí zdroj

Napájecí zdroj obsahuje měnič, který zvětšuje napětí akumulátoru na napájecí napětí koncového zesilovače, tj. z 12 na 40 V. Součástí zdroje je také síťový transformátor, který umožňuje napájet zesilovač, je-li k dispozici elektrická síť. Transformátor slouží také k nabíjení akumulátoru umístěného ve skříni zesilovače. Proto musí být na výstupu usměrňovače napětí asi 20 V. Akumulátor je nabíjen přes rezistor s odporem 47 Ω. Zenerova dioda ZD1 je na napětí 15 V a chrání akumulátor před přebíjením. Autor použil hermetický olověný akumulátor 12 V s kapacitou 2,6 Ah. Pokud není síť připojena, napájí se měnič z akumulátoru a dioda D5 je zapojena v propustném směru.

Měnič používá speciální integrovaný obvod pro spínané zdroje, určený pro dvojčinný propustný měnič se šířkovou modulací (PWM). Tento obvod vyrábí pod různým označením (TL494, LM3524, IR3M02) mnoho výrobců. Naleznete jej např. ve většině zdrojů pro PC.

Vnitřní blokové zapojení obvodu TL494 je na obr. 27. Obvod má vnitřní oscilátor, jehož kmitočet je určen externím rezistorem a kondenzátorem. Signál s pilovitým průběhem je přiveden na jeden vstup komparátoru, druhý je přiveden na výstupy dvou zesilovačů odchylky. První zesilovač (se vstupy *1* a *2*) je určen pro stabilizaci výstupního napětí měniče, druhý (se vstupy *4* a *5*) se používá pro omezení výstupního proudu. Tato funkce však v popsaném zapojení není využita.

Zesilovač odchylky porovnává referenční napětí přivedené na vstup *2* s napětím na vstupu *1*, získaným děličem z výstupu měniče. Referenční napětí 5 V z obvodu je zmenšeno děličem s rezistory 10 a 27 kΩ asi na 3,65 V. Sledované napětí z výstupu měniče je zmenšeno děličem 10 a 1 kΩ. Zmenší-li se výstupní napětí, zvětší napětí na výstupu zesilovače odchylky a na výstupu komparátoru budou delší impulsy. Měničem se přenese více energie a výstupní napětí se zvětší.

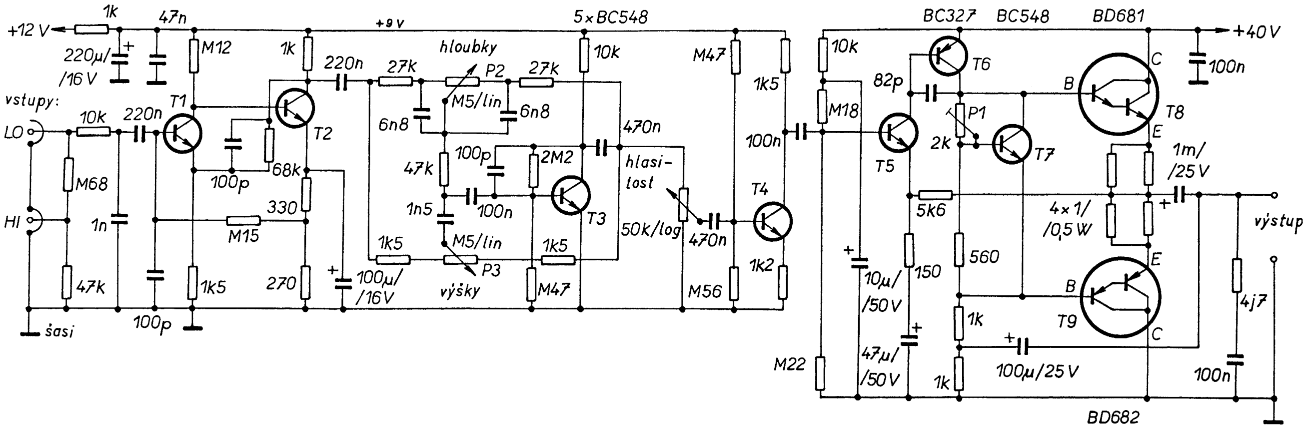
Z výstupu oscilátoru se krátkými impulsy překlápí klopný obvod T, který dělí kmitočet oscilátoru na polovinu a přes následující hradla přepíná výstup komparátoru střídavě na jeden nebo druhý výstupní tranzistor. Tím, že je přiveden i přímý signál z výstupu oscilátoru je zaručena i minimální mezera mezi impulsy. Výstupní tranzistory IO lze zatížit proudem až 100 mA. Pro výkonnější měniče je proto třeba připojit ještě výkonové tranzistory. V našem případě je to dvojice v Darlingtonově zapojení BD682.

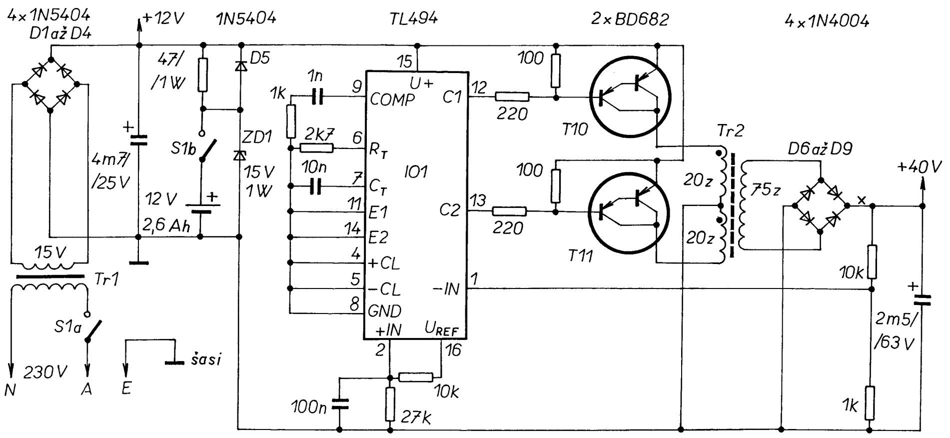
Výkonové tranzistory T10 a T11 připojují střídavě konce primárního vinutí na napětí +12 V. Napětí ze sekundárního vinutí je dvojcestně usměrněno diodami D6 až D9 a filtrováno kondenzátorem 2200 µF. Výstupní napětí je určeno nejen poměrem počtu závitů primárního a sekundárního vinutí, ale také množstvím dodané energie do obvodu, tj. šířkou impulsů budících T10 a T11.

Napětí je regulováno následujícím způsobem: Zmenší-li se například výstupní napětí pod 40 V, vyhodnotí to zesilovač regulační odchylky v IO. Zesílí vlastně rozdíl napětí mezi vývody *1* a *2*. Zvětší se napětí na vstupu komparátoru a na jeho výstupu se prodlouží impulsy. Výkonové tranzistory jsou otevřeny déle, transformátorem se přenese více energie a napětí na výstupu měniče se zvětší.

Měnič pracuje na kmitočtu asi 22,5 kHz. Kmitočet je nastaven rezistorem a kondenzátorem zapojenými k vývodům *6* a *7*.

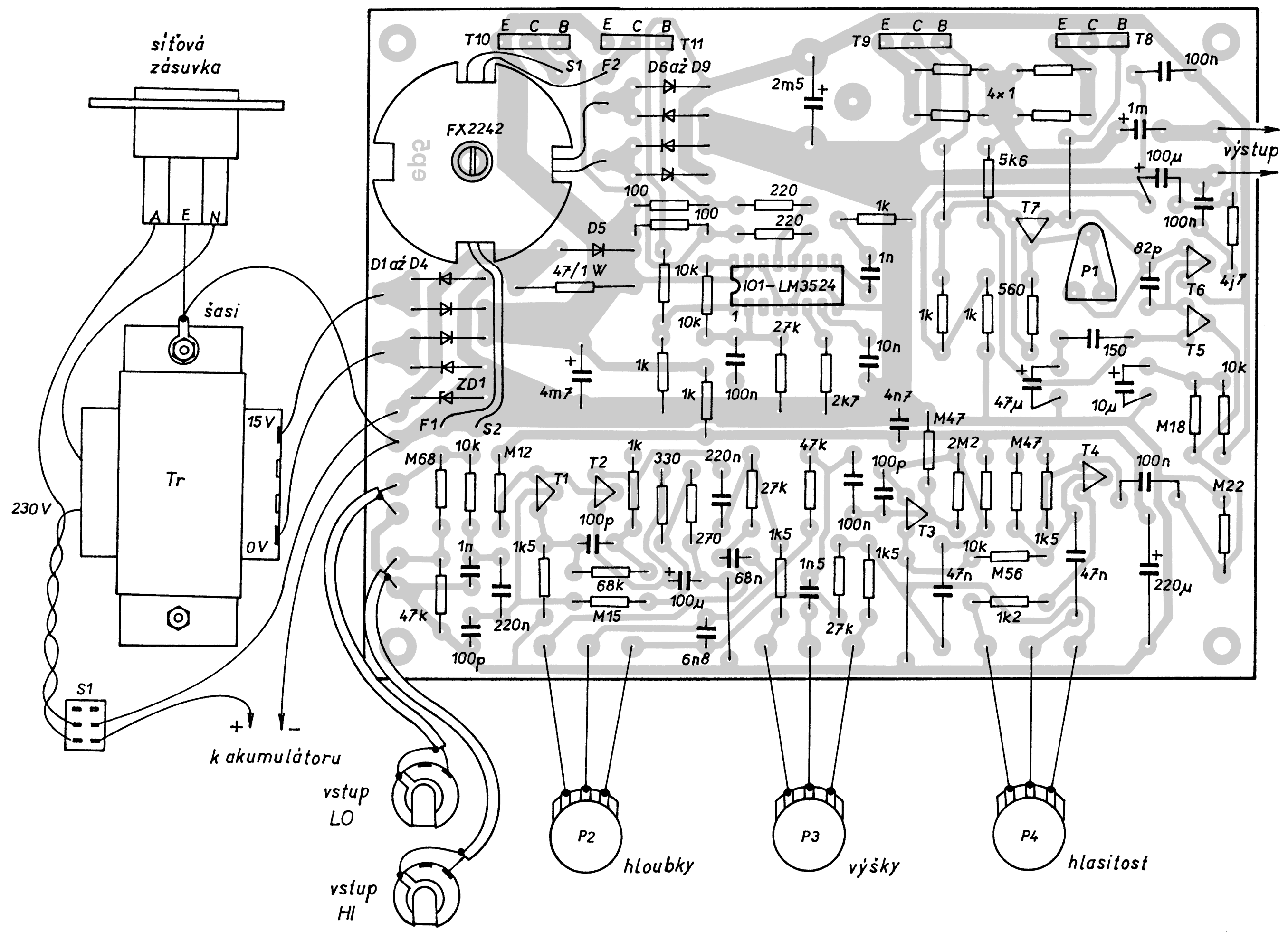
Pozn. red.: 1) Aby měnič fungoval korektně, měla by být zapojena mezi výstupem usměrňovače a filtračním kondenzátorem ještě tlumivka s indukčností 50 až 220 µH. Na obr. 28 je vhodné místo označeno křížkem. Tlumivka by měla být dimenzována asi na dvojnásobek maximálního výstupního proudu tj. asi na 1 A. 2) Účinnost měniče můžete zvětšit jednoduchým trikem. Spojené katody diod usměrňovače nepřipojujte na zem, nýbrž na +12 V. Měnič pak nebude dodávat celé výstupní napětí, ale jen rozdíl mezi 40 a 12 V. Úměrně tomu zmenšete i počet závitů sekundárního vinutí na 52 z. Zatížení měniče při stejném dodávaném výkonu se rovněž zmenší. 3) Kmitočet měniče je poměrně nízký a odpovídá použitým relativně pomalým diodám a tranzistorům. Vhodnější by bylo použít rychlejší typy a kmitočet zvýšit na 40 až 50 kHz. Kmitočet zvýšíte úměrným zmenšením kapacity kondenzátoru u vývodu 7 IO. Diody použijte např. BA159, tranzistory vyhoví, použijete-li již zmíněnou tlumivku.



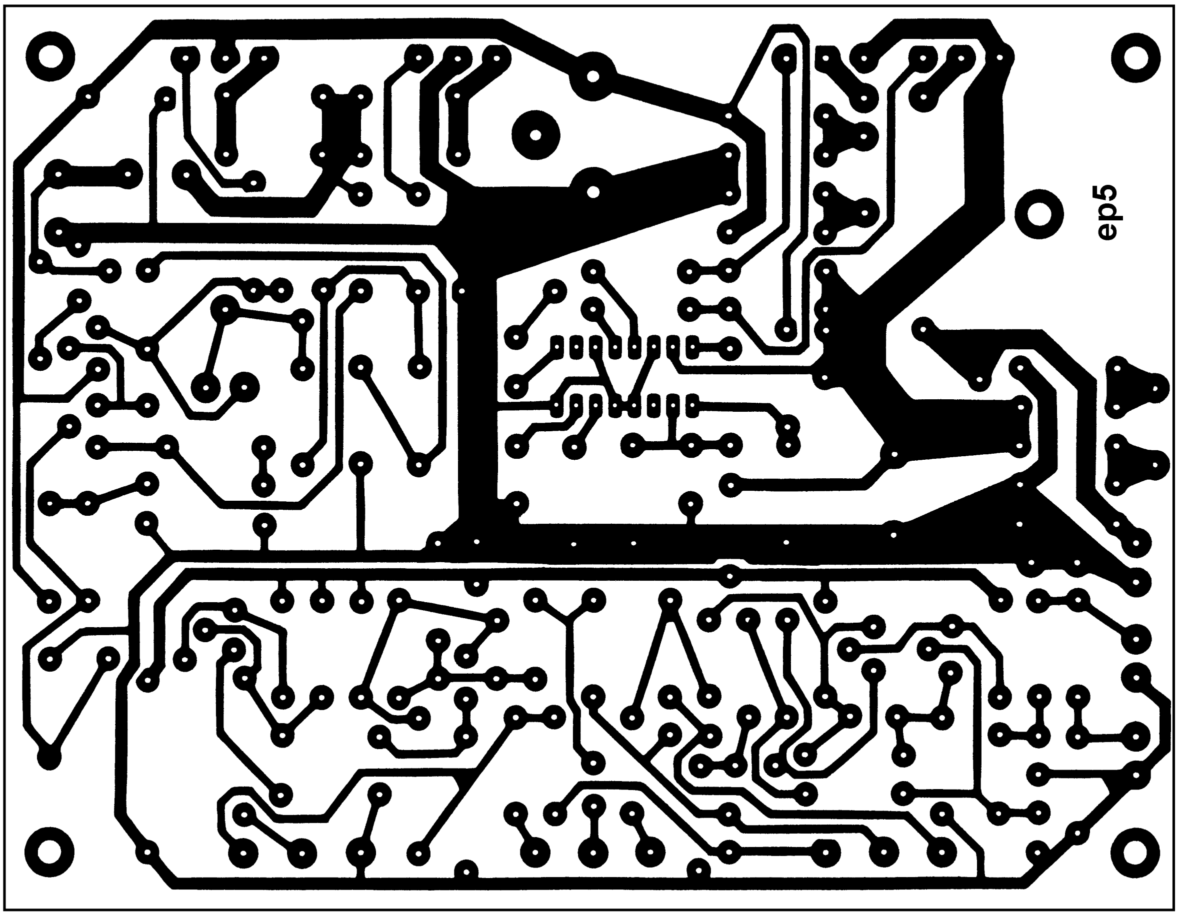


Obr. 28. Zapojení přenosného zesilovače Busker

The BUSKER



Obr. 30. Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 29. Deska s plošnými spoji pro přenosný zesilovač Busker v měřítku 1:1. Rozměry desky jsou 155 x 120 mm

Předzesilovač

Tranzistory T1 a T2 jsou zapojeny jako přímovázaný zesilovač se zesílením asi 45. Zesílení je určeno odporem rezistorů (68 a 1,5 kΩ) ve zpětné vazbě z kolektoru T2 do emitoru T1. Pro kmitočty nad akustickým pásmem je zesílení omezeno kondenzátory 1 nF a 100 pF na vstupu a 100 pF ve zpětné vazbě. Omezí se tak vf rušení a rušení od měniče.

Následuje kmitočtový korektor s tranzistorem T3. Korektor umožňuje zdůraznit nebo potlačit podle potřeby signály s vysokým nebo nízkým kmitočtem. Jsou-li potenciometry nastaveny do středu odporové dráhy, je zesílení tohoto stupně blízké jedné pro celé akustické pásmo.

Za korektorem je zapojen regulátor hlasitosti a oddělovací stupeň s tranzistorem T4.

Předzesilovač je napájen přímo z akumulátoru napětím 12 V.

Výkonový zesilovač

Koncový stupeň je schopen dodat výkon asi 20 W při napájecím napětí 35 V. Odporovým děličem v bázi tranzistoru T5 je nastaven takový pracovní bod zesilovače, aby na výstupu, ještě před oddělovacím kondenzátorem 1000 µF, byla přibližně polovina napájecího napětí. Pracovní bod je určen děličem s rezistory 180 a 220 kΩ v bázi tranzistoru T5. Stejnosměrný pracovní bod je stabilizován zápornou zpětnou vazbou z výstupu do emitoru T5. S uvedenými součástkami je zesílení koncového zesilovače asi 37. Tranzistor T7 s trimrem P1 a rezistorem 560 Ω nastavuje klidový proud koncovými tranzistory tak, aby zesilovač pracoval ve třídě AB. Tranzistor T7 je třeba umístit na chladič s tranzistory T8 a T9. Klidový proud se pak bude méně měnit s teplotou.

Stavba

Zesilovač je postaven na desce s plošnými spoji podle obr. 29. Na desce jsou umístěny všechny součástky kromě síťového transformátoru, akumulátoru, potenciometrů a konektorů. Rozmístění součástek na desce a propojení externích součástek je na obr. 30. Pro snadnější připojení přívodů k desce doporučuje autor použít pájecí očka. Součástky osazujeme od nejmenších po největší. Dáváme pozor zejména na správnou orientaci elektrolytických kondenzátorů a polovodičových součástek. Výkonové tranzistory budou připevněny k šasi zesilovače (samozřejmě přes izolační podložky), které poslouží i jako chladič. Jejich vývody proto nebudeme zkracovat a tranzistory připájíme buď s plnou délkou přívodů, nebo ještě lépe až po „sesazení“ desky s plošnými spoji a šasi zesilovače.

Pro transformátor spínaného zdroje je použito hrníčkové jádro o průměru 36 mm. V původním článku však nebyly k jádru žádné údaje. Pravděpodbně vyhoví jádro z hmoty H21, H12 nebo H22. Jádro by mělo mít malou konstantu A_L, nejvýše tak 100. Pokud bude konstanta A_L jádra větší, lze ji zmenšit vložením papírové podložky mezi poloviny jádra. Lze použít i křížové jádro obdobných rozměrů.

Na kostřičku jádra navineme nejdříve sekundární vinutí. To má 75 závitů lakovaným drátem o průměru 0,5 mm. Celková potřebná délka drátu je asi 5 m. Pak navineme primární vinutí 2x 20 závitů drátem o průměru 0,63 mm (délka asi 3 m). Drát přepůlíme a vineme obě vinutí současně dvěma dráty. Konec prvního vinutí pak na desce s plošnými spoji spojíme se začátkem druhého (F1-S2). Začátky a konce je dobré si předem označit, abychom nakonec nespojili začátek s koncem téhož vinutí, případně dva začátky nebo konce. To by pak měnič samozřejmě nemohl pracovat. Před připevněním jádra do desky si zkrátíme vývody na potřebou délku (ponecháme raději o kousek delší) a konce drátů zbavíme izolace. Pokud použijete k uchycení jádra k desce centrální šroub, tak jak je na obr. 30, je třeba jej přitáhnout jen velmi jemně. Feritové jádro je křehké a snadno praskne.

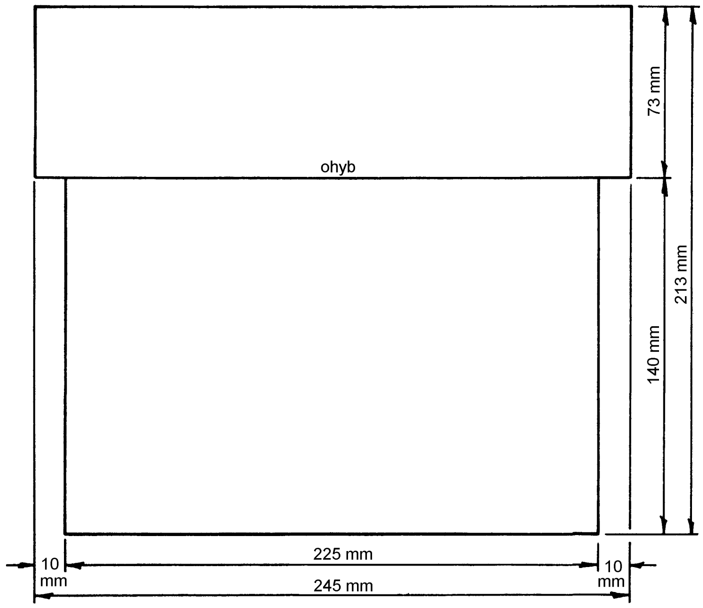
Deska s elektronikou a síťový transformátor jsou připevněny na hliníkové šasi ve tvaru L. Šasi slouží současně jako chladič pro výkonové tranzistory.

Izolační podložky pod výkonové tranzistory můžeme pro lepší přestup tepla potřít trochou silikonové vazelíny. Po dotažení šroubů raději ještě multimetrem zkontrolujte, zda jsou všechny tranzistory odizolovány a zda některý nemá zkrat. Nákres šasi je na obr. 31. Šasi zároveň tvoří část zadní strany skříňky.

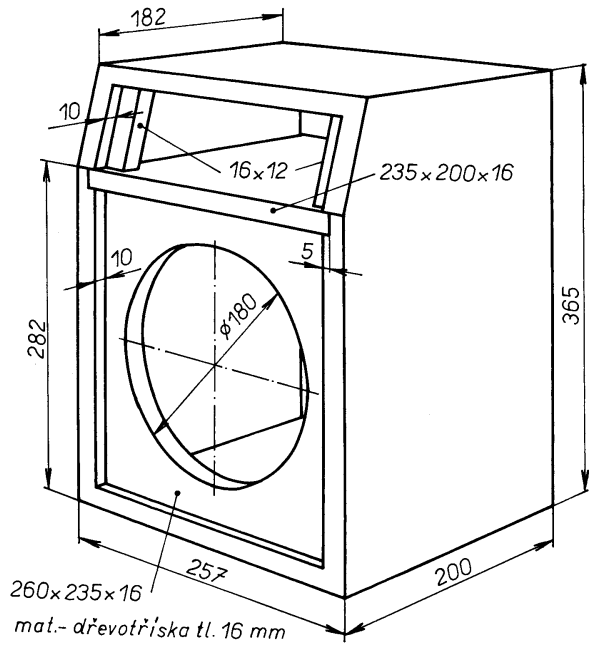
Pro zesilovač můžete zhotovit skříňku podle obr. 32. V horní části skříňky je prostor (polička) pro zesilovač, v dolní je umístěn reproduktor a akumulátor (to pro zvětšení stability skříňky – je totiž dosti těžký). Skříňka je navržena pro reproduktor o průměru 20 cm. Podle konkrétního typu bude možná třeba upravit průměr díry pro reproduktor.

Skříňku vyrobíme z dřevotřískové desky tloušťky 16 mm. Ještě vhodnější je laťovka, která není tak těžká. Skříňku slepíme disperzním lepidlem na dřevo (Herkules apod.) Pro snadné přenášení je na vrchní straně skříňky ucho. Z kousku plechu také vyrobíme držák akumulátoru. Akumulátor připevníme tak, aby se nemohl zkratovat ani náhodném posunutí, např. po nárazu.

Zesilovač raději vyzkoušíme ještě před montáží do skříňky. Zdá-li se vše v pořádku, dokončíme montáž. Při pečlivé práci by měl pracovat na první zapojení.



Obr. 31. Nákres šasi pro zesilovač



Obr. 32. Skříňka pro zesilovač

Rozpiska součástek

rezistory (¼ W, 5 %, není-li uvedeno jinak)

4x	1 Ω, ½ W
1x	4,7 Ω
1x	47 Ω, 1 W
2x	100 Ω
1x	150 Ω
2x	220 Ω
1x	270 Ω
1x	330 Ω
1x	560 Ω
6x	1 kΩ
1x	1,2 kΩ
4x	1,5 kΩ
1x	2,7 kΩ
1x	5,6 kΩ
5x	10 kΩ
3x	27 kΩ
2x	47 kΩ
1x	68 kΩ
1x	120 kΩ
1x	150 kΩ
1x	180 kΩ
1x	220 kΩ
2x	470 kΩ
1x	560 kΩ
1x	680 kΩ
1x	2,2 MΩ
1x	2 kΩ, trimr
1x	50 kΩ, log. potenciometr
2x	500 kΩ, lin. potenciometr

kondenzátory

1x	82 pF, keramický
3x	100 pF, keramický
2x	1 nF, svitkový
1x	1,5 nF, svitkový
2x	6,8 nF, svitkový
1x	10 nF, svitkový
1x	15 nF, svitkový
1x	47 nF, svitkový
3x	100 nF, keramický
2x	100 nF, svitkový
2x	220 nF, svitkový
2x	470 nF, svitkový
1x	10 µF/50 V, elektrolytický
1x	47 µF/50 V, elektrolytický
2x	100 µF/25 V, elektrolytický
1x	220 µF/16 V, elektrolytický
1x	1000 µF/25 V, elektrolytický
1x	2500 µF/63 V, elektrolytický
1x	4700 µF/25 V, elektrolytický

polovodičové součástky

4x	1N4004 (1N4007)
5x	1N5404 (1N5407)
1x	Zenerova dioda 15 V/1 W
1x	BC327
6x	BC548
1x	BD681
3x	BD682
1x	TL494 (LM3524)

ostatní součástky

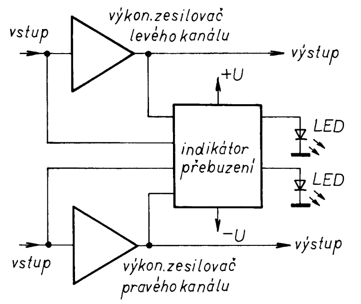
reproduktor Ø 200 mm, 8 Ω
akumulátor 12 V/2,6 Ah
transformátor 230/15 V
dvoupólový přepínač
2x konektor jack 6,3 mm mono
4x slídová podložka pod tranzistory
pájecí špičky
deska s plošnými spoji
krabice a šasi viz text

Electronics Australia - Audio and video projects 1986.

Indikátor přebuzení

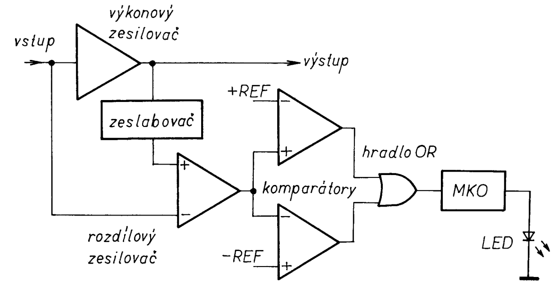
pro výkonový zesilovač

Přebuzení zesilovače výrazně zhorší kvalitu zvukového signálu. Jak tedy zjistit, zda výkonový zesilovač není přebuzen, když výkonové špičky jsou tak krátké, že je často nelze sledovat ani na osciloskopu? Tento problém je aktuální zvláště u nahrávek s velkou dynamikou signálu, např. z kompaktních disků nebo speciálních gramofonových „direct-cut“ desek pro audiofily. Některé hudební nástroje přirozeně generují akustický signál s krátkými špičkami, které se u elektronicky neupravených nahrávek objeví i na výstupu přehrávače. To je také jeden z důvodů, proč jsou zesilovače třídy High-End schopné dodávat zdánlivě až nadbytečné výstupní výkony, neboť musí i takový signál zpracovat v nejvyšší možné kvalitě.



Obr. 33. Připojení indikátoru přebuzení

Popsaný obvod je schopen indikovat i krátkodobé přebuzení zesilovače, a to nezávisle na zátěži zesilovače a na velikosti napájecího napětí. Blokové schéma obvodu je na obr. 33. Přebuzení je indikováno svítivými diodami nezávisle v obou kanálech zesilovače. Podrobnější blokové schéma



Obr. 34. Blokové schéma indikátoru přebuzení

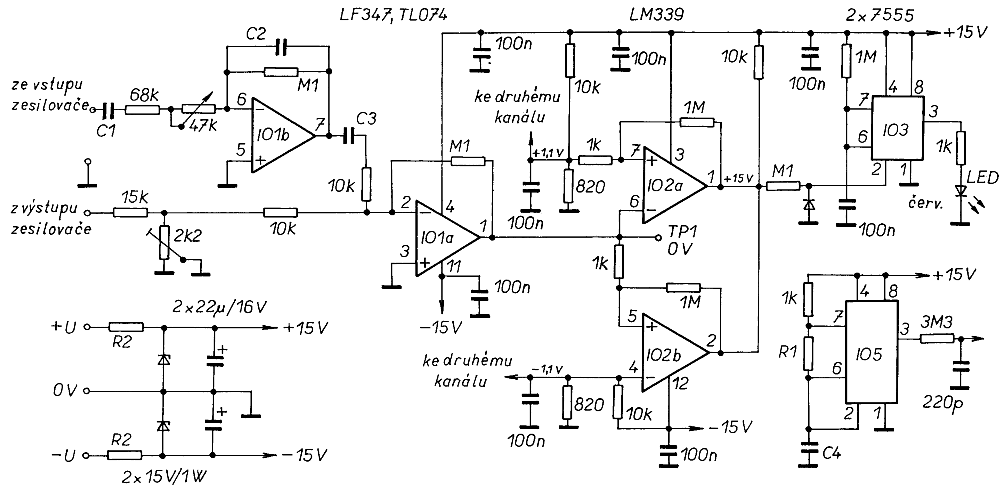
je na obr. 34. Signál se odebírá ze vstupu i výstupu výkonového zesilovače. Signál z výstupu zesilovače je nejdříve zeslaben, aby měl stejnou amplitudu jako signál vstupní. V rozdílovém zesilovači se pak oba signály od sebe odečtou. Pracuje-li zesilovač v lineární oblasti, tj. je-li výstupní signál zesilovače bez zkreslení, je při správném nastavení na výstupu rozdílového zesilovače nulový signál. Při přebuzení nebo jiném zkreslení signálu se na výstupu rozdílového zesilovače objeví napětí. Toto napětí se porovnává dvěma komparátory. Velikost referenčního napětí komparátorů určuje pásmo necitlivosti, které je nutné, aby indikátor nebyl citlivý na šum obvodů a malé zkreslení signálu. Výstupy komparátorů jsou sečteny a budí monostabilní klopný obvod (MKO), takže jsou zachyceny i velmi krátké impulsy. Svítivá dioda na výstupu MKO indikuje přebuzení po dostatečně dlouhou dobu.

Zapojení indikátoru je na obr. 35. Signál ze vstupu zesilovače je přiveden na invertující zesilovač s IO1b. Ten signál zesílí a invertuje. Signál z výstupu zesilovače je zeslaben odporovým děličem s rezistorem 15 kΩ a odporovým trimrem 2,2 kΩ. Oba signály jsou přivedeny na sčítací zesilovač s IO1a. Protože však mají opačnou polaritu, tak se odečtou. Zesilovač s IO1a pak rozdílový signál asi 10x zesílí. IO1 je čtyřnásobný operační zesilovač, pro každý kanál jsou využity dva OZ.

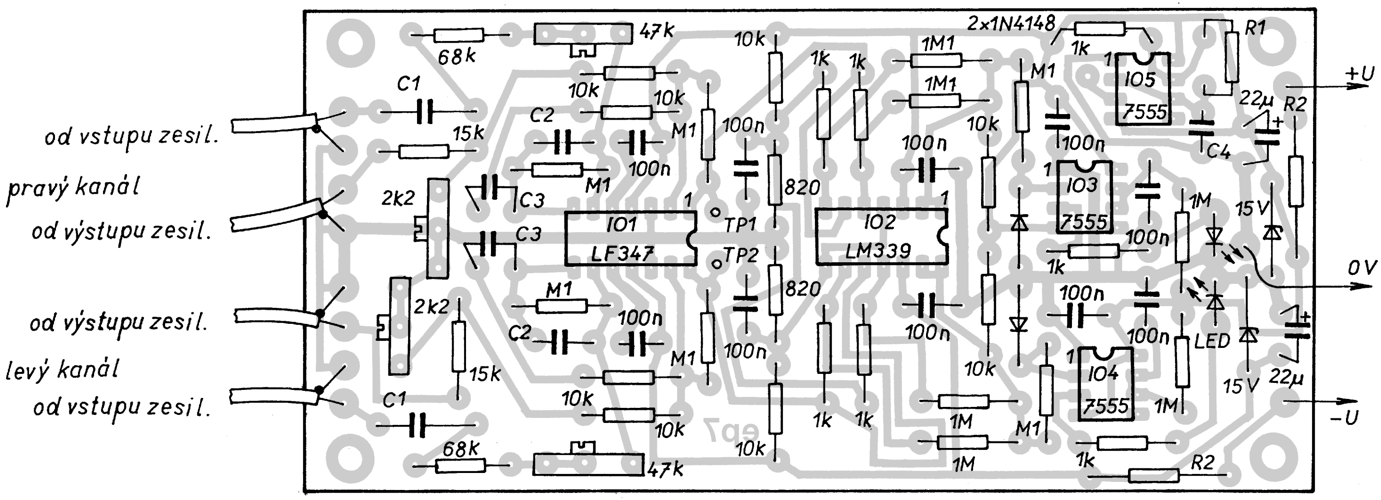
Po zesílení je rozdílový signál přiveden na komparátory. Komparátory mají na výstupu tranzistor s otevřeným kolektorem. Jsou zapojeny tak, aby se tranzistor příslušného komparátoru otevřel, překročí-li napětí na vstupu referenční napětí. Pak lze jejich signály jednoduše sečíst tak, že se jejich výstupy spojí. Každý z komparátorů má zavedenu kladnou zpětnou vazbu rezistory 1 kΩ a 1 MΩ, která zajistí malou hysterezi komparátoru. Komparátor pak není náchylný ke kmitání. Referenční napětí nemusí být nastavena příliš přesně, malé odchylky nemají vliv na funkci obvodu. Proto jsou odvozena děliči z napájecího napětí. Děliče s rezistory 10 kΩ a 820 Ω jsou společné pro oba kanály.

Signálem z komparátorů je spouštěn monostabilní klopný obvod s obvodem 555. Protože výstupní napětí z komparátorů je buď blízké kladnému (+15 V) nebo zápornému (-15 V) napájecímu napětí, je záporné napětí komparátoru omezeno rezistorem a diodou, jinak by mohlo klopný obvod poškodit. Po spuštění MKO se asi na 0,1 s rozsvítí LED. Pokud je zesilovač poškozen, vybuzen signálem se stejnosměrným napětím nebo velmi přebuzen, svítí LED trvale.

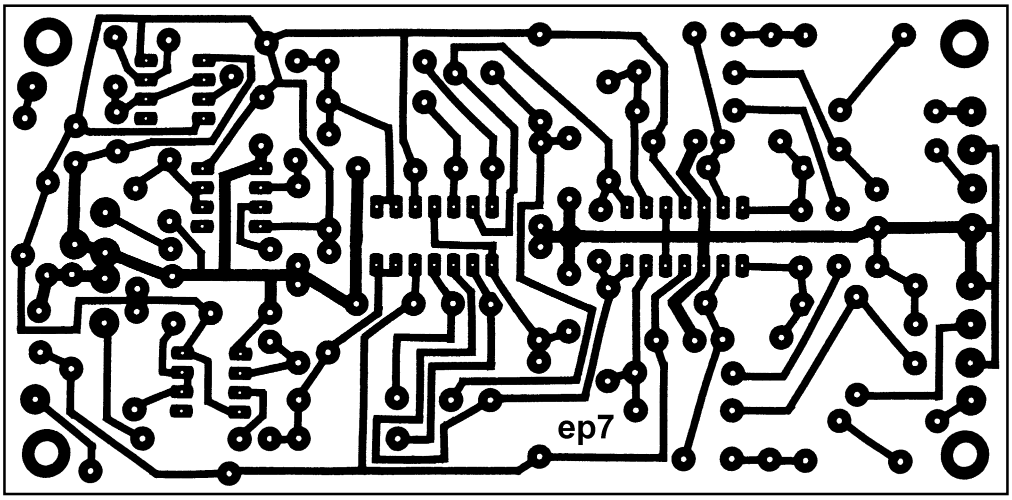
Indikátor přebuzení je navržen pro výkonové zesilovače, které jsou v neinvertujícím zapojení, tj. jejich výstupní signál má stejnou fázi jako signál na vstupu. Tak je zapojena většina koncových stupňů nf zesilovačů. Pokud by koncový zesilovač fázi signálu otáčel, muselo by se zapojení indikátoru upravit, jinak by nemohlo pracovat. Pro zdatnějšího konstruktéra to nebude jistě velký problém. Můžete např. výstup



Obr. 35. Zapojení indikátoru přebuzení



Obr. 36. Rozmístění součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 37. Deska s plošnými spoji pro indikátor v měřítku 1:1. Rozměry desky jsou 133 x 65 mm

z děliče, upravujícího signál z výstupu zesilovače připojit ne k vývodu č. *2* IO1a, ale k vývodu č. *3*. Vývod č. *3* se pak musí samozřejmě odpojit od země. Jinou možností je změnit zapojení předzesilovače s IO1b z invertujícího na neinvertující.

V předzesilovači jsou neoznačené kondenzátory C1, C2 a C3. Každý koncový zesilovač totiž posouvá trochu fázi signálu. Na nízkých kmitočtech je posun fáze způsoben vazebními kondenzátory, na vysokých kmitočtovou kompenzací zesilovače. Tyto kondenzátory je třeba zvolit pro každý zesilovač tak, aby fázový posuv signálu předzesilovače byl obdobný jako u sledovaného koncového zesilovače. Pro snažší oživení je indikátor doplněn kalibračním oscilátorem, také s obvodem 555.

Stavba a oživení

Deska s plošnými spoji pro indikátor je na obr. 37, rozložení součástek na desce na obr. 36. Indikátor nemá žádné záludnosti a měl by fungovat na první zapojení. Poněkud obtížnější je však jeho správné připojení a nastavení, zde se bez měřicích přístrojů neobejdete. Musíte nejen správně nastavit úroveň signálů ze vstupu i výstupu zesilovače, ale také vhodně zvolit kapacity kondenzátorů C1, C2 a C3. K nastavení můžete použít jako zdroj signálu generátor na desce indikátoru, generátor RC nebo měřicí CD. Dále budete potřebovat osciloskop nebo alespoň milivoltmetr.

Nejdříve je třeba nastavit úrovně signálů. Kondenzátor C1 zvolíme s větší kapacitou – např. 10 µF. Kondenzátor C2 vypustíme a C3 nahradíme zkratem. Na vstup zesilovače přivedeme signál o kmitočtu asi 1 kHz, nejlépe se sinusovým průběhem. Zesilovač nesmí být signálem přebuzen. Trimr 47 kΩ nastavíme do poloviny odporové dráhy a trimrem 2,2 kΩ nejmenší amplitudu signálu na výstupu zesilovače IO1a (vývod *1* IO1 pro pravý, vývod *14* pro levý kanál). V ideálním případě se vám podaří nastavit amplitudu na nulu. Kmitočet zvyšte na 15 až 20 kHz. Vhodnou volbou kapacity kondenzátoru C2 se opět pokuste zmenšit napětí na výstupu rozdílového k nule. Čím bude výkonový zesilovač lépe zesilovat signály vyšších kmitočtů, tím bude kapacita C2 menší. U kvalitních zesilovačů nebude možná ani potřeba. Vhodná „startovní“ velikost kapacity při nastavování je 10 pF. K nastavení můžete také použít signál s obdélníkovým průběhem o kmitočtu 2 až 5 kHz. Trimr 2,2 kΩ nastavíme tak, abychom na výstupu rozdílového zesilovače měli malé (ne nulové) napětí, Průběh sledujeme osciloskopem a kapacitu C2 zvolíme tak, aby se tvar signálu na výstupu rozdílového zesilovače co nejvíce blížil obdélníkovému průběhu bez překmitů.

Obdobným způsobem nastavíme indikátor i pro nízké kmitočty. Má-li zesilovač výstup bez oddělovacího kondenzátoru, postačí vhodně zvolit kapacitu C1. U zesilovače s výstupním kondenzátorem bude třeba zvolit i C3. Pro nastavení použijeme nejlépe signál s obdélníkovým průběhem a kmitočtem 50 až 100 Hz. Stejně jako u vysokých kmitočtů se snažíme dosáhnout signálu s obdélníkovým průběhem na výstupu rozdílového zesilovače. Můžeme použít i signál se sinusovým průběhem, pak je třeba zkontrolovat nastavení na více kmitočtech v rozsahu 20 až 500 Hz. Kapacity C1 a C3 budou řádu jednotek až desítek µF. Nezapomeňte nakonec znovu přesně nastavit nulové napětí při kmitočtu 1 kHz. Pokud jste zvolili C1

až C3 správně, bude napětí na výstupu rozdílového zesilovače velmi malé v celém rozsahu akustických kmitočtů. K jemnějšímu nastavení použijeme trimr 47 kΩ.

K oživení můžete použít i generátor signálu s obvodem 555, který je na desce indikátoru. Pokud jej nechcete použít, raději jej vůbec neosazujte. Po nastavení indikátoru je vhodné tento generátor zablokovat např. tak, že IO5 osadíte do objímky a po úspěšném nastavení indikátoru jej vyjmete.

Po nastavení indikátoru při slabém signálu ještě vyzkoušíme, zda reaguje správně při přebuzení zesilovače.

Pokud je indikátor napájen ze zdroje pro koncový stupeň, zvolíme odpor rezistoru R2 podle napájecího napětí. Pro napájecí napětí ±25 až ±35 V vyhoví 680 Ω. Bude-li indikátor napájen ze zdroje pro předzesilovač, nahradíme R2 zkratem a Zenerovy diody vypustíme.

Seznam součástek

rezistory (¼ W, 5 %, není-li uvedeno jinak)

2x	680 Ω/1 W, R2 viz text
2x	820 Ω
7x	1 kΩ
9x	10 kΩ
2x	15 kΩ
2x	68 kΩ
6x	100 kΩ
7x	1 MΩ
1x	3,3 MΩ
2x	2,2 kΩ, trimr
2x	47 kΩ, trimr

kondenzátory

1x	220 pF, keramický
1x	3,3 nF
1x	47 nF
10x	100 nF, svitkový
2x	22 F, elektrolytický
2x	C1, C2, C3 viz text

polovodičové součástky

1x	TL074 (LF347), čtyřnásobný OZ
1x	LM339, čtveřice komparátorů
3x	555, časovač
2x	1N4148, univerzální dioda
2x	červená LED
2x	Zenerova dioda 15 V/1 W

ostatní součástky

deska s plošnými spoji
pájecí špičky
stíněný kablík

Electronics Australia - Audio and video projects 1986.

Ještě jeden indikátor přebuzení

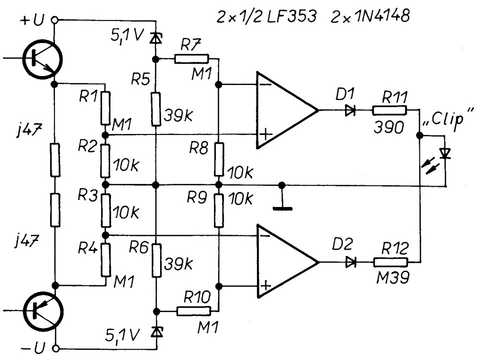
Indikátor přebuzení na obr. 38 pracuje na jiném principu a je jednodušší než ten, který byl popsaný v přechozím článku. Zatímco indikátor z obr. 35 porovnává napětí na vstupu a výstupu zesilovače, indikátor na obr. 38 sleduje, zda se nepřibližuje výstupní napětí úrovni, při které již zesilovač limituje. Na schématu zapojení indikátoru jsou zakresleny i koncové tranzistory výkonového zesilovače (i se svými emitorovými rezistory), aby bylo zřejmé, kam se indikátor připojuje.

Napětí z emitoru tranzistoru n-p-n v kladné větvi zesilovače se porovnává s napájecím napětím, zmenšeným o úbytek na Zenerově diodě. Aby zapojení pracovalo správně, musí být úbytek napětí na Zenerově diodě větší, než je úbytek napětí na koncovém tranzistoru při limitaci. Obdobně se sleduje napětí i v záporné větvi.

Napájecí napětí operačních zesilovačů bývá většinou ±15 V, pro napájení koncového stupně se zpravidla používá napětí větší. Proto jsou všechna sledovaná napětí zmenšena asi na desetinu odporovým děličem s rezistory 100 a 10 kΩ. Dělicí poměr není kritický, musí však být shodný u děličů v každé větvi. Ke správné indikaci je tedy potřeba nejen výstupní napětí zesilovače, ale také vzorek napájecího napětí, aby bylo co srovnávat.

Přiblíží-li se napětí na výstupu zesilovače k napájecímu napětí, tj. blíží-li se limitaci (případně je-li již výstupní napětí omezeno), překlopí se komparátor v příslušné větvi zapojení. Diodou D1 a rezistorem R11 (případně D2 a R12) začne procházet proud a LED se rozsvítí.

Indikátor není nijak náročný na nastavení – stačí zvolit napětí Zenerových diod tak, aby bylo přebuzení zesilovače správně indikováno.



Obr. 38. Indikátor přebuzení

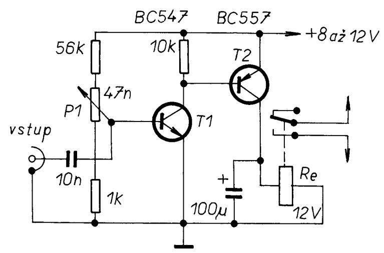
Zapojení by bylo možno dále vylepšit. Místo operačních zesilovačů, zapojených jako komparátory, lze po malé úpravě použít přímo obvody pro komparátory, např. LM393. Dále je možno za indikátor zapojit monostabilní klopný obvod, aby byly indikovány i velmi krátké špičky, které přebudily zesilovač.

Arjol Professional Power Amplifier. Audio Electronics, three 1999, s.18.

Relé ovladané videosignálem

Vlastníte-li videopřehrávač s dálkovým ovládáním, může být praktickým doplňkem ke starším televizorům zapojení z obr. 39. Zapojení umožňuje zapnout televizor, aniž bychom museli vstávat a zapínat jej ručně. V různých zabezpečovacích systémech může tento obvod hlídat, zda je videokamera funkční.

Zapojení je velmi jednoduché. Odporový trimr je nastaven tak, aby na bázi tranzistoru T1 bylo napětí menší než 0,6 V, tj. aby byl tranzistor zavřený. Pak je zavřený i tranzistor T2 a relé není přitaženo. Přivedeme-li nyní na vstup videosignál, otevře se napěťovými špičkami v signálu tranzistor T1 a následně i T2. Relé sepne a připojí napájecí napětí k televizoru. Elektrolytický kondenzátor 100 µF připojený paralelně k relé udržuje relé přitažené po dobu synchronizačních impulsů. V této době jsou totiž tranzistory T1 i T2 uzavřeny, protože vstupní signál má nejmenší úroveň. Vypneme-li videopřehrávač, zmizí signál na vstupu, tranzistory se uzavřou, relé odpadne a televizor se vypne.



Obr. 39. Relé ovladané videosignálem

Obvod je tak jednoduchý, že jej můžeme postavit i na kousku univerzální desky s plošnými spoji.

Electronics Australia - Audio and video projects 1986.

ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

Do Zajímavých zapojení byly ze zahraničních radiotechnických a elektronických časopisů vybrány jednodušší i složitější obvody z oblasti nízkofrekvenční techniky, měření, radiotechniky a různě aplikované elektroniky, které mohou být užitečné při praktickém použití.

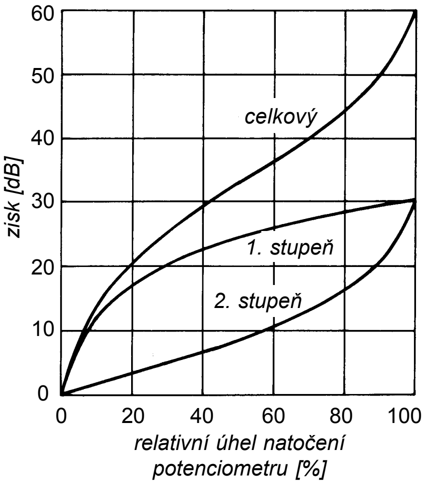
Nízkofrekvenční technika

Univerzální vstupní zesilovač

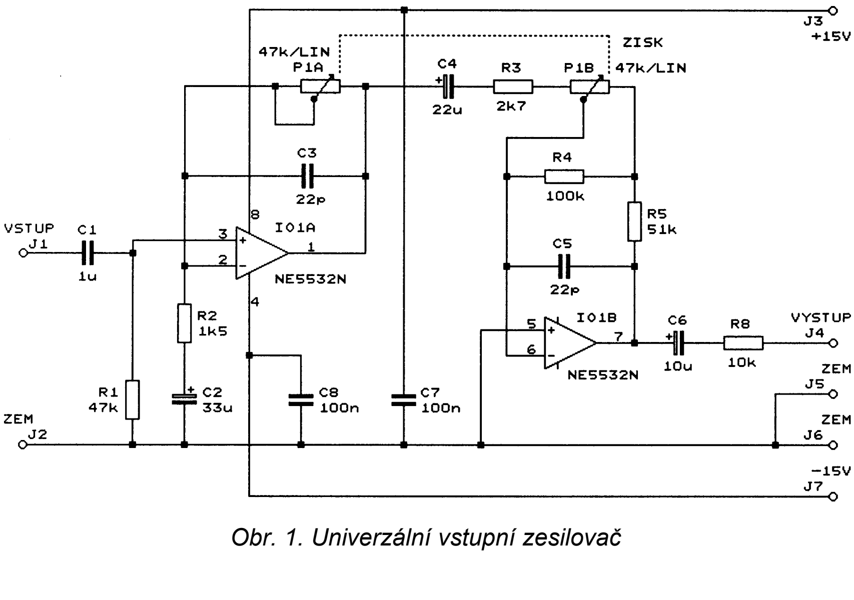
Je známo, že horší kvalitu zvuku levných zesilovačů a nahrávacích zařízení mají na svědomí jejich vstupní zesilovače. Je to proto, že požadavky, kladené na vstupní zesilovač, jsou značně náročné. Vstupní zesilovač musí zpracovat signály od nejslabších z mikrofonu po nejsilnější z výstupu přehrávače CD a přitom vždy musí mít co nejmenší zkreslení a šum.

Popisovaný univerzální vstupní zesilovač má špičkovou kvalitu a je určen jako náhrada za nevyhovující vstupní zesilovače ve stávajících elektroakustických zařízeních nebo jako samostatný stavební prvek při konstrukci nových zesilovačů, mixážních pultů apod.

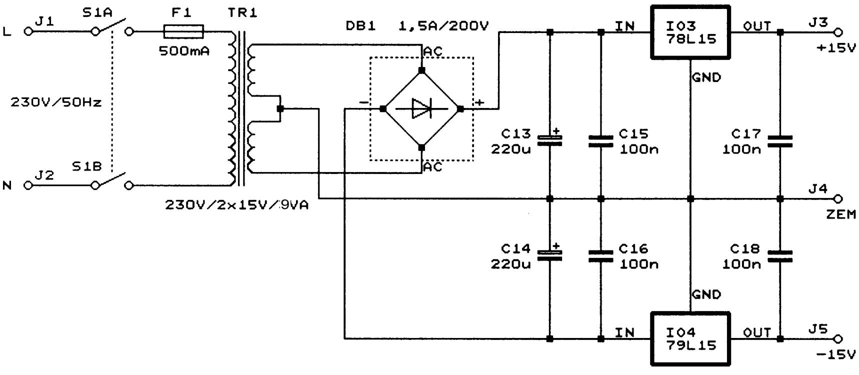
Zesilovač je dvoustupňový. Malého zkreslení a šumu je dosaženo použitím operačních zesilovačů NE5532 jako aktivních součástek. Hlavní vtip zapojení zesilovače spočívá v použití dvojitého lineárního (snadno dosažitelného) potenciometru pro řízení zisku, jehož sekce jsou zařazeny v obvodech zpětných vazeb obou stupňů. Tím je dosaženo širokého rozsahu regulace zisku (0 až +60 dB) s příznivým průběhem závislosti zisku na úhlu natočení hřídele potenciometru (viz obr. 3) a je též minimalizováno zkreslení a šum.



Obr. 3. Závislost zisku jednotlivých stupňů a celkového zisku univerzálního vstupního zesilovače na relativním úhlu natočení potenciometru P1



Obr. 1. Univerzální vstupní zesilovač



Obr. 2. Napájecí zdroj pro univerzální vstupní zesilovač

Při zisku +60 dB je odstup signál/ /šum při maximálním vybuzení 80 dB, při zisku 0 dB je odstup 116 dB. Při napájecím napětí ±15 V je maximální úroveň výstupního signálu 20 dBu. V kmitočtovém rozsahu 20 Hz až 20 kHz je zvlnění kmitočtové charakteristiky menší než ±0,5 dB. Harmonické zkreslení zesilovače není v původním prameni uvedeno, ale je pravděpodobně řádu setin procenta.

Schéma univerzálního vstupního zesilovače je na obr. 1. První stupeň pracuje jako neinvertující zesilovač s operačním zesilovačem IO1A. Zesílení prvního stupně je určeno poměrem odporů potenciometru P1A a rezistoru R2. Změnou odporu potenciometru P1A lze regulovat zisk prvního stupně v rozmezí 0 až +30 dB, průběh regulace je na obr. 3 (maximální zisk je nastaven tehdy, když se běžec dotýká vývodu potenciometru, který je spojen

s invertujícím vstupem IO1A). Oddělovací kondenzátor C2 zajišťuje, že pro stejnosměrný signál je zesílení prvního stupně vždy jednotkové a je tak dobře stabilizován pracovní bod operačního zesilovače. Vstupní odpor zesilovače je určen odporem rezistoru R1 (47 kΩ) a lze jej podle potřeby upravit (např. pro dynamický mikrofon je vhodný odpor 10 kΩ, pro snímač k elektrické kytaře je optimální odpor 470 kΩ apod.). Vstupní svorky jsou galvanicky odděleny vazebním kondenzátorem C1 (fóliovým).

Druhý stupeň pracuje jako invertující zesilovač s operačním zesilovačem IO1B. Zesílení druhého stupně je určeno poměrem odporů děliče R3, P1B, R4 a R5. Změnou dělicího poměru pomocí potenciometru P1B lze regulovat zisk druhého stupně také v rozmezí 0 až +30 dB, průběh regulace je na obr. 3 (maximální zisk je nastaven tehdy, když se běžec dotýká vývodu potenciometru, který je spojen s rezistorem R3). Složením dílčích průběhů regulace zisku obou stupňů je dosaženo velmi příznivého průběhu regulace celkového zisku (rovněž viz obr. 3). Oddělovací kondenzátor C4 zajišťuje, že pro stejnosměrný signál je i zesílení druhého stupně vždy jednotkové a pracovní bod operačního zesilovače je dobře stabilizován.

Výstupní odpor zesilovače je určen odporem rezistoru R6 a lze jej podle potřeby zmenšit až na 100 Ω (minimální zařazený odpor 100 Ω je nutný proto, aby se zesilovač při kapacitní zátěži, tvořené např. stíněným kabelem, nerozkmital). Výstupní svorky jsou galvanicky odděleny vazebním kondenzátorem C6.

Stabilitu obou stupňů ošetřují kondenzátory C3 a C5. Za zmínku též stojí, že i když běžce potenciometrů P1A nebo P1B ztratí např. vlivem nečistoty kontakt s odporovou dráhou, nerozpojí se smyčky zpětných vazeb a nevzniknou nežádoucí zvukové efekty.

Zesilovač je napájen symetrickým napětím, jehož optimální velikost je ±15 V. Zesilovač můžeme napájet ze zařízení, do kterého jej dodatečně vestavujeme. Pokud nejsou vhodná napájecí napětí k dispozici nebo stavíme nové zařízení, můžeme zapojit napájecí zdroj podle obr. 2. Když chceme ze zdroje napájet více zesilovačů, nahradíme stabilizátory IO3 a IO4 typu 78L15 a 79L15 výkonnějšími stabilizátory typu 7815 a 7915 a opatříme je chladiči.

Součástky zesilovače jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji o rozměrech asi 75 x 35 mm. Z jedné užší strany vyčnívá hřídel potenciometru, podél druhé užší strany jsou umístěny vstupní, napájecí a výstupní svorky.

Použité rezistory jsou s kovovou vrstvou, C1 je fóliový, C2 je na napětí 35 V, C4 je na 25 V, C6 je na 63 V. Potenciometr je dvojitý (s jednou hřídelí) lineární o odporu 2x 47 kΩ. Souběh obou sekcí není kritický. Kondenzátory C13 a C14 v napájecím zdroji jsou na napětí 35 V.

Pro zachování dobrého odstupu užitečného signálu od rušivých signálů je nutné zesilovač stínit a rovněž přívod vstupního signálu musí být zhotoven ze stíněného kablíku.

Z několika univerzálních vstupních zesilovačů lze snadno vytvořit mixér (mono) tak, že přímo spojíme všechny výstupy zesilovačů (použijeme výstupní odpory 10 kΩ).

Everyday Practical Electronics, srpen 1997

Zesilovač 50 W s kvalitou CD

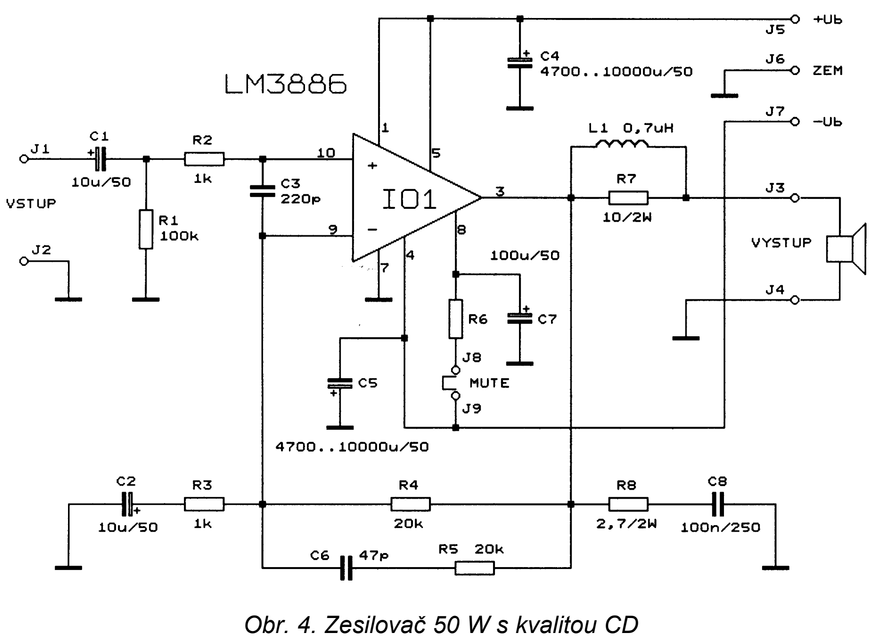
Pod obchodní značkou Overture vyrábí firma National Semiconductor rodinu výkonových monolitických zesilovačů pro elektroakustiku s vlastnostmi odpovídajícími kategorii High-End. Do této rodiny patří např. integrované obvody LM2876, LM3875 a LM3876.

Dalším členem této řady je obvod LM3886. Je schopen dodat sinusový výkon až 50 W (hudební výkon až 150 W - ???) do zátěže 4 až 8 Ω. Harmonické zkreslení obvodu LM3886 (stejně jako ostatních obvodů této rodiny) je menší než 0,06 % v kmitočtovém rozsahu 20 Hz až 20 kHz. Intermodulační zkreslení je pod 0,004 % (60 Hz, 7 kHz, 4:1 SMPTE) resp. 0,009 % (60 Hz, 7 kHz, 1:1 SMPTE) a vynikající je i přenos strmých hran zpracovávaného signálu. Potlačení změn napájecích napětí (SVR) je 120 dB, takže napájecí zdroj nepředstavuje žádný problém. Při plném vybuzení je odstup užitečného signálu od šumu 120 dB. Uvedené vlastnosti plně opravňují používat obvod v zesilovačích k přehravačům CD.

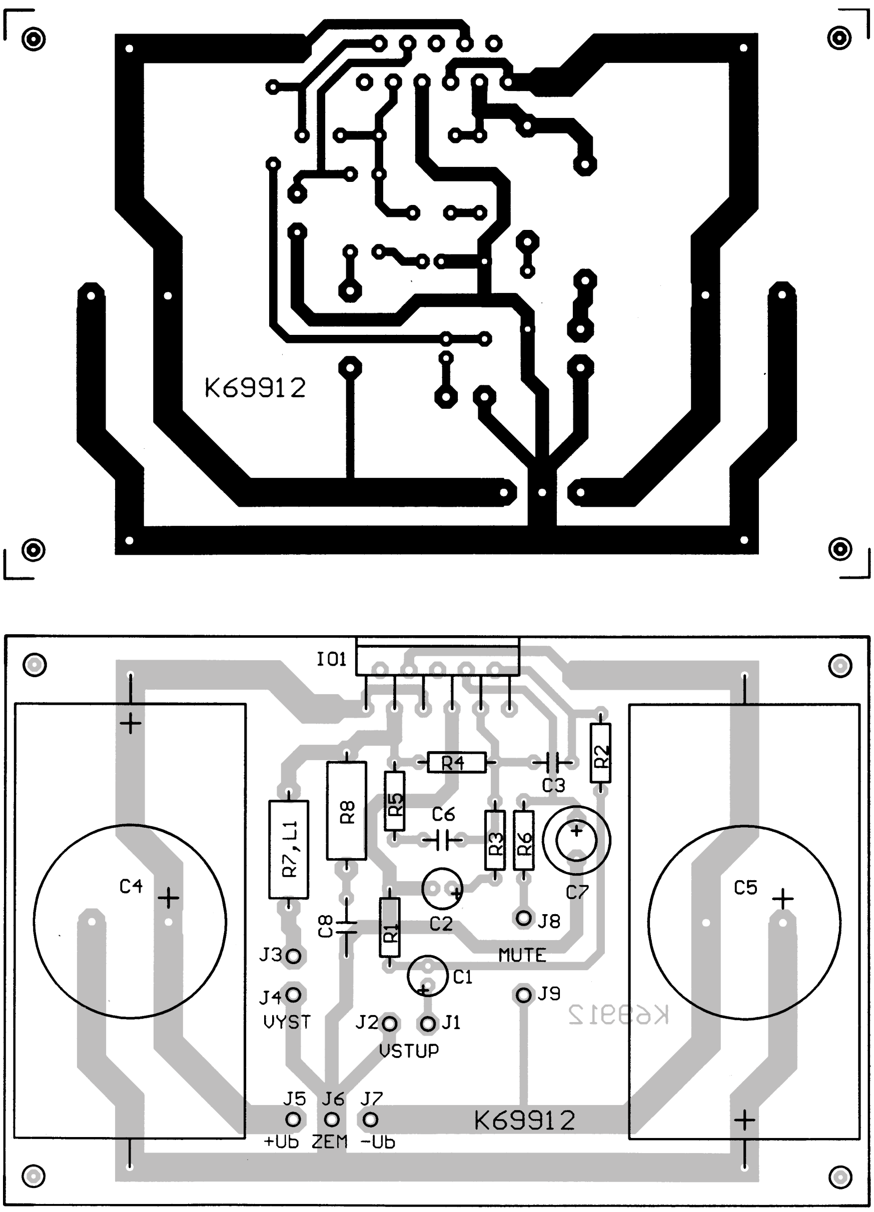
Spolehlivý provoz obvodu LM3886 zabezpečuje řada ochran. Je to ochrana proti příliš velkým nebo příliš malým napájecím napětím, ochrana proti přetížení, ochrana proti zkratu výstupu vůči zemi nebo napájecím přívodům, ochrana proti přehřátí (vypíná zesilovač při teplotě čipu 165 °C a zapíná zpět při 155 °C) a krátkým teplotním špičkám, dynamická ochrana SOA (Safe Operating Area) a ochrana proti elektrostatickým výbojům (ESD) do 3000 V.

Zapojení výkonového zesilovače s LM3886 (IO1) je na obr. 4. Nf signál je přiváděn ze vstupních svorek J1, J2 na neinvertující vstup IO1 přes oddělovací kondenzátor C1 a dolní propust R2, C3, která potlačuje kmitočty nad akustickým pásmem. Stejnosměrně je neinvertující vstup IO1 spojen se zemí přes rezistor R1, jehož odpor (100 kΩ) určuje vstupní odpor zesilovače. Výstup IO1 je připojen k výstupním svorkám J3, J4 přes člen R7, L1, který zabraňuje kmitání zesilovače při kapacitní zátěži. Kmitočtovou stabilitu zesilovače dále zajišťuje obvyklý Boucherottův člen (R8, C8), připojený k výstupu IO1. Napěťové zesílení zesilovače (asi 21x) určuje zpětnovazební dělič R3, R4. Oddělovací kondenzátor C2 je v obvodu zpětné vazby použit proto, aby pro stejnosměrný signál bylo napěťové zesílení zesilovače rovno jedné, a aby se tak klidové výstupní napětí zesilovače co nejvíce blížilo klidovému napětí neinvertujícího vstupu, tj. potenciálu země. Kmitočtovou charakteristiku zesilovače dále upravuje článek R5, C6, zapojený paralelně k R4 v obvodu zpětné vazby.

Zesilovač je vybaven funkcí MUTE (mute = němý), která odpojuje uvnitř IO1 výstup nf signálu. Funkce MUTE se ovládá napětím na vývodu *8* IO1. Když je vývod *8* IO1 nezapojen nebo je spojen se zemí, je výstup nf signálu v IO1 odpojen (zesilovač je němý), při zavedení záporného napájecího napětí na vývod *8* IO1 (přes rezistor R6) se výstup zesilovače aktivuje. Z vývo-



Obr. 4. Zesilovač 50 W s kvalitou CD



Obr. 5. Deska s plošnými spoji (1:1) zesilovače 50 W s kvalitou CD

du *8* IO1 má rezistorem R6 téci proud I_8 asi 0,5 mA. Odpor rezistoru R6 proto závisí na velikosti napájecího napětí *-Ub* (z toho důvodu není uveden na schématu) a vypočte se podle vzorce:

$R6 = (|-Ub| - 2{,}6)/I_8$ [Ω, V, A].

Skutečnou velikost odporu *R6* vybereme z vyráběné řady o něco menší, než je vypočtená velikost *R6*. Při napájecím napětí ±42 V je např. vhodná velikost *R6* = 78 kΩ. V zesilovači je rezistor R6 doplněn kondenzátorem C7, který zajišťuje zpožděnou aktivaci výstupu zesilovače po připojení napájecího napětí. Tím se potlačí rušivé rázy v reproduktoru během náběhu napájecích napětí po zapnutí zesilovače.

Vzhledem k vysoké spojehlivosti obvodu LM3886 a díky vestavěným ochranám není zesilovač vybaven ochranným obvodem s relé, který odpojuje reproduktor při poruše IO1.

Zesilovač je napájen symetricky napětím ±*Ub*, které je blokováno kondenzátory C4 a C5. Dostatečná kapacita těchto kondenzátorů (10000 μF) zajišťuje hudební výkon až 150 W. Velikost napájecího napětí volíme podle odporu zátěže a požadovaného výkonu.

Při zátěži 4 Ω je pro výkon 10 W nutné napájecí napětí (zatíženého zdroje) ±*Ub* = ±15 V, pro výkon 20 W je nutné napětí ±22 V, pro výkon 30 W napětí ±27 V, pro výkon 40 W napětí ±31 V a pro výkon 50 W napětí ±34 V.

Při zátěži 8 Ω je pro výkon 10 W nutné napájecí napětí ±22 V, pro výkon 20 W je nutné napětí ±29 V, pro výkon 30 W napětí ±35 V, pro výkon 40 W napětí ±40 V a pro výkon 50 W napětí ±45 V.

V nezatíženém stavu nesmí napájecí napětí v žádném případě (ani při přepětí v síti) překročit velikost ±48 V.

Zesilovač se napájí ze síťového zdroje, tvořeného transformátorem s dvojitým sekundárním vinutím (nejlépe s toroidním jádrem) a můstkovým usměrňovačem (vyhlazovací kondenzátory C4 a C5 obsahuje zesilovač). Aby byla napájecí napětí dostatečně „tvrdá", měl by být transformátor dimenzován alespoň na dvojnásobek požadovaného výkonu zesilovače. Usměrňovač musí být použit pro jmenovitý proud nejméně 6 A.

Všechny součástky zesilovače jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce je na obr. 5. C1, C2 a C7 jsou radiální hliníkové elektrolytické kondenzátory s provozním napětím 50 V. C4 a C5 jsou radiální nebo axiální hliníkové elektrolytické kondenzátory o kapacitě 4700 až 10000 μF s provozním napětím rovněž 50 V. C8 je fóliový kondenzátor s provozním napětím 250 V a s roztečí vývodů 7,5 mm. C3 a C6 jsou keramické kondenzátory. Všechny rezistory jsou s kovovou vrstvou, R7 a R8 jsou pro zatížení 2 W, ostatní pro zatížení 0,25 W. Cívka L7 je vytvořena navinutím deseti až dvanácti závitů (těsně vedle sebe) měděného lakovaného drátu o průměru 0,5 až 0,6 mm na válec o průměru asi 7 mm (např. na tužku). Cívka je navléknuta na rezistor R7 a její vývody jsou připájeny k vývodům rezistoru.

Integrovaný obvod IO1 musí být opatřen chladičem. Pro trvalý výkon 50 W musí být při teplotě okolí T_A = 25 °C tepelný odpor *Rth* chladiče menší než 1,3 K/W a při T_A = 40 °C musí být *Rth* menší než 1 K/W. Pro menší výkony může být tepelný odpor chladiče přiměřeně větší (např. pro výkon 40 W a T_A = 25 °C musí být *Rth* menší než 1,9 K/W, pro T_A = 40 °C musí být *Rth* menší než 1,6 K/W. Pro výkon 30 W a T_A = 25 °C musí být *Rth* menší než 3,0 K/W, pro T_A = 40 °C musí být *Rth* menší než 2,5 K/W. Pro výkon 20 W a T_A = 25 °C musí být *Rth* menší než 5,1 K/W, pro T_A = 40 °C musí být *Rth* menší než 4,3 K/W). Můžeme též použít malý chladič ofukovaný ventilátorem, toto řešení je však hlučné a méně spolehlivé. Vhodné chladiče s uvedenými tepelnými odpory nabízejí odborné obchody (např. CONRAD). Pro lepší přestup tepla při trvalém výkonu 50 W upevníme IO1 na chladič bez izolační podložky a styčné plochy potřeme silikonovou vazelínou. Protože je však chladicí křidélko IO1 spojeno s napájecím napětím, musí být chladič izolován od kostry. Pro menší výkony můžeme IO1 připevnit na chladič izolovaně.

K zapojené desce připojíme zdroj nf signálu, reproduktor a napájecí zdroj (IO1 musí být upevněn ke chladiči!) a zesilovač vyzkoušíme (oživovat není co). Signálové vodiče musí být co nejvíce vzdáleny od napájecích vodičů, kterými teče značný tepavý proud. Pro kontrolu můžeme změřit klidový proud IO1, který má být asi 38 mA.

Seznam součástek

R1	100 kΩ, 0,5 W, metal.
R2, R3	1 kΩ, 0,5 W, metal.

R4, R5	20 kΩ, 0,5 W, metal.
R6	viz text, 0,5 W, metal.
R7	10 Ω, 2 W, metal.
R8	2,7 Ω, 2 W, metal.
C1, C2	10 µF/50 V, ellyt., rad.
C3	220 pF, keram.
C4, C5	4700 až 10000 µF/50 V, ellyt., rad. nebo ax.
C6	47 pF, keram.
C7	100 µF/50 V, ellyt., rad.
C8	100 nF/250 V, fóliový, RM7,5, CF5
L1	viz text
IO1	LM3886

deska s plošnými spoji K69912
chladič pro IO1

FUNKAMATEUR, 8/1995

Akustický spínač s inteligencí

Popisovaný akustický spínač se od běžných jednoduchých akustických spínačů liší tím, že reaguje pouze na krátké zvukové impulsy, např. na tlesknutí dlaněmi, zatímco déletrvající zvuky, jako např. hluk automobilu, jej ponechají v klidu. Spínač také obsahuje obvod pro vyloučení rušivého vlivu ozvěny, kdy se vyskytuje několik krátkých zvukových impulsů těsně za sebou.

Akustický spínač pracuje bistabilně, po prvním zvukovém impulsu výstupní relé spínače sepne, po druhém zvukovém impulsu relé vypne atd.

Schéma akustického spínače je na obr. 6. Zvukový podnět se přijímá elektretovým mikrofonem, který je napájen přes rezistor R1. Nízkofrekvenční signál z mikrofonu je zesilován operačním zesilovačem IO1 typu 741. Citlivost akustického spínače lze nastavit v širokých mezích změnou zesílení (x1 až x101) trimrem R14, zapojeným v obvodu zpětné vazby. Pracovní bod IO1 je nastaven odporovým děličem R2, R3, k němuž je připojen neinvertující vstup IO1. Zesílený nf signál je usměrňován detektorem mezivrcholového napětí (zdvojovačem) s diodami D1 a D2. Dioda D3 omezuje výstupní stejnosměrné napětí detektoru na 5,7 V, aby neohrozilo vstupy následujících číslicových obvodů.

Číslicová část, která dodává spínači inteligenci, obsahuje čtveřici hradel NAND s hysterezí (IO2A až IO2D) typu CMOS 4093 a dvojici JK klopných obvodů (IO3A a IO3B) typu CMOS 4027.

Hradlo IO2A pracuje jako komparátor a převádí analogový průběh napětí z detektoru na pravoúhlý průběh. Při zaznění krátkého zvuku (zvukového impulsu) se objeví na výstupu *3* IO2A na odpovídající dobu impuls úrovně L.

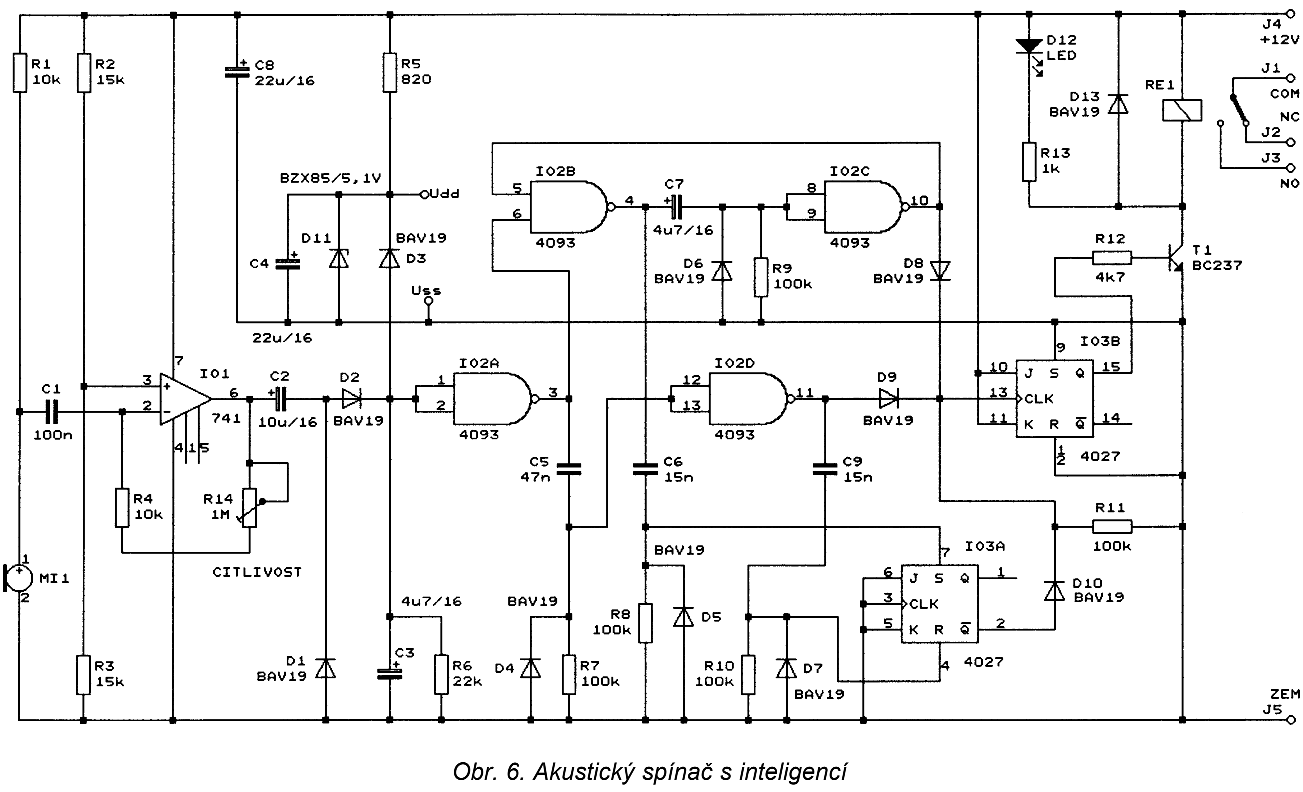
Sestupnou hranou impulsu z komparátoru (tj. na začátku zvukového impulsu) se spustí monostabilní klopný obvod (MKO), složený z hradel IO2B a IO2C. Po dobu kyvu MKO je na jeho výstupu (*10* IO2C) impuls úrovně L. Doba kyvu je určena časovou konstantou C7, R9 a je asi 0,5 s.

Při vzestupné hraně impulsu z komparátoru (tj. na konci zvukového impulsu) vznikne prostřednictvím derivačního článku C5, R7, D4 krátký impuls úrovně L na výstupu hradla IO1C.

Při spuštění MKO se také přes derivační článek C6, R8, D5 nastaví klopný obvod (KO) IO3A a jeho výstup *2* přejde do úrovně L. Na konci zvukového impulsu se přes derivační článek C9, R10, D7 KO IO3A vynuluje. Pokud se během kyvu MKO vyskytne další zvukový impuls, KO IO3A se už znovu nenastaví, protože během kyvu MKO je výstup *4* IO2B trvale v úrovni H. KO IO3A se používá v akustickém spínači proto, aby při ozvěně, kdy přichází několik krátkých akustických impulsů těsně za sebou, relé spínače opakovaně nezapínalo a navypínalo (ukončení ozvěny musí být pochopitelně kratší než doba kyvu MKO).

Jako paměť stavu akustického spínače je použit druhý KO IO3B, z jehož výstupu je přes spínací tranzistor T1 buzeno relé RE1. KO IO3B má na vstupy J a K přivedeno kladné napájecí napětí (úroveň H) a proto se chová jako binární čítač - vzestupnou hranou prvního impulsu na hodinovém vstupu CLK se např. nastaví, vzestupnou hranou druhého impulsu se vynuluje, další vzestupnou hranou se opět nastaví atd.

Hodinový vstup CLK IO3B je přes diody D8 až D10, které s R11 tvoří obvod logického součinu, spojen s výstupy tří obvodů - s výstupem MKO, s výstupem IO2D a s výstupem KO IO3A. Po delší době ticha jsou všechny uvedené výstupy v úrovni H. Aby se změnil stav KO IO3B, musí přejít všechny tři výstupy na krátký okamžik současně do úrovně L a pak se musí alespoň jeden z výstupů vrátit do úrovně H, aby na vstupu CLK vznikla vzestupná hrana, která změní stav KO. Jak vyplývá z předchozího popisu, tato situace nastane pouze na konci prvního zvukového impulsu (následujícího po době ticha), který je kratší než doba kyvu MKO. Při zvukovém impulsu, který je delší než doba kyvu MKO, nebo při dalším krátkém



Obr. 6. Akustický spínač s inteligencí

impusu, který následuje během doby kyvu MKO za prvním impulsem, se stav KO IO3B nezmění.

Přepínací kontakty relé RE1 jsou vyvedeny na výstupní svorky J1 až J3. Stav relé indikuje LED D12. Dioda D13 zabraňuje naindukování vysokého napětí na cívce relé při vypnutí proudu do cívky.

Akustický spínač je napájen stejnosměrným napětím 12 V z vnějšího zdroje. Pro číslicové obvody je napájecí napětí zmenšeno a stabilizováno přibližně na 5,1 V Zenerovou diodou D11.

V akustickém spínači jsou použity běžně dostupné součástky. Diody typu BAV19, uvedené na schématu, lze nahradit typem 1N4148. Relé má cívku na napětí 12 V a kontakty vhodné pro spínání síťového napětí při potřebném proudu.

Při použití akustického spínače v uzavřeném prostoru, ve kterém vzniká ozvěna, která prodlužuje krátké zvuky, může spínač reagovat chybně. V takovém případě zvětšíme kapacitu kondenzátoru C7.

Radioelektronik Audio-HiFi-Video, 8/1996

Zdroj stereofonního signálu zvuku příboje pacifického oceánu

Je nepochybné, že jedním ze zvuků, které nejvíce uvolňují mysl člověka, je zvuk vln, tříštících se o břeh oceánu. Zvuk příboje uklidňuje duši a v této stresem naplněné době je procházka po pláži nejen příjemná, ale působí přímo jako terapie.

Málokdo však žije na pobřeží oceánu a navíc k procházce po pláži není vždy vhodné počasí. Proto je účelné vytvořit si zvuk pěnivého příboje v domácím pohodlí a přenést se v křesle a se zavřenýma očima do království klidu a jasu. Zvlášť vhodný je zvuk příboje při meditaci, protože maskuje vnější hluk a vytváří dokonalou atmosféru pro hluboké uvolnění a soustředění.

Popisovaný zdroj signálu imituje zvuk příboje co nejvěrohodněji a je určen pro reprodukci zvuku příboje běžným domácím stereofonním zařízením. Zdroj signálu zvuku příboje je napájen ze sítě a je vybaven vlastními ovladatelnými tónovými korekcemi, které dovolují nastavit optimální barvu zvuku příboje bez toho, aby bylo nutno vždy přestavovat polohy ovládacích prvků na vnějším zesilovači.

I když je přístroj navržen jako zdroj signálu pro vnější zesilovač, poskytuje dostatečný výkon pro sluchátka k walkmanu, která můžeme připojit přímo k výstupu.

Schéma zdroje signálu zvuku příboje je pro svoji rozsáhlost rozděleno do třech obrázků - obr. 7 až obr. 9. Na obr. 7 je generátor stereofonního signál zvuku příboje, na obr. 8 je stereofonní korekční a výstupní zesilovač a na obr. 9 je síťový napájecí zdroj.

Přestože se přístroj jeví značně složitý, skládá se z řady jednoduchých nezáludných obvodů, které pracují nezávisle na sobě a je možno je postupně jednotlivě oživovat.

Zvuk příboje se vytváří vhodnou modulací síly a „barvy" zvuku bílého šumu. Generátor stereofonního signálu zvuku příboje na obr. 7 se proto skládá z generátoru stereofonních signálů bílého šumu, z dvojice modulátorů amplitudy a tvaru spektra šumu a z dvojice generátorů modulačního signálu.

Generátor stereofonních signálů bílého šumu je tvořen obvody IO4, IO5, IO6 a dvěma dolními propustmi.

Obvody IO5 a IO6 (posuvné registry) a IO4A a IO4B (hradla XOR) jsou zapojeny jako generátor pseudonáhodné posloupnosti bitů. Generátor pseudonáhodné posloupnosti je taktován hodinovým signálem o kmitočtu asi 1 MHz, který je dodáván hodinovým generátorem s hradly IO4D a IO4C (hradlo IO4D pracuje se součástkami L1, C12 a C13 jako Colpittsův oscilátor, hradlo IO4C slouží jako oddělovací stupeň).

Z generátoru pseudonáhodné posloupnosti bitů se odebírají dva pseudonáhodné binární signály (pro levý a pravý kanál), jejichž průběh se opakuje za více než dvě hodiny. Z binárních signálů se získávají analogové stereofonní signály bílého šumu tím, že se binární signály filtrují dvěma dolními propustmi (R29 až R32 a C15 až C18).

Signály bílého šumu jsou dále zeslabeny pomocí rezistorů R34 a R33 na tak malou velikost, aby diody modulátoru (D5 až D10), které pracují jako napětím řízené proměnné odpory, signály výrazně nezkreslovaly.

Další podstatnou částí generátoru signálu zvuku příboje jsou modulátory s diodami D5 až D10, které přemění signály bílého šumu v charakteristický zvuk příbojových vln. Protože oba kanály jsou zapojeny shodně a pracují stejně, bude dále popsán kanál, vyvedený na výstup B.

Diody D5 a D7 spolu s rezistorem R38 tvoří napětím řízený dělič napětí a modulují (mění v závislosti na řídicím napětí) amplitudu (sílu) šumu. Při malém řídicím napětí na C21 protéká diodami přes R35 malý proud, diferenciální odpor diod je velký a zeslabení šumu řízeným děličem je značné. Při zvětšování řídicího napětí se proud diodami zvětšuje, diferenciální odpor diod se zmenšuje a amplituda šumu na výstupu řízeného děliče se zvětšuje.

Dioda D10 spolu s R43 a C28 tvoří napětím řízenou dolní propust, která v závislosti na velikosti řídicího napětí mění tvar spektra šumu, tj. mění „barvu" šumu. Při malém řídicím napětí na C21 protéká přes R35 a R37 diodou D10 malý proud, diferenciální odpor diody je velký a kondenzátor C28 se v dolní propisti neuplatňuje. Vyšší kmitočty nejsou potlačeny a šum má „ostrý" charakter. Při zvětšování řídicího napětí se proud diodou D10 zvětšuje, diferenciální odpor diody se zmenšuje, kondenzátor C28 se více uplatňuje a vyšší kmitočty jsou více zeslabovány. Šum se tak stává „měkčí". Kondenzátor C25 zpožďuje modulaci „barvy" šumu vůči modulaci amplitudy šumu a tím přispívá k přirozenému charakteru zvuku příboje.

Modulátory jsou řízeny modulačním signálem, přiváděným z generátoru modulačního signálu (obvody IO1 až IO3 v horní části obr. 7).

Periodu „příbojových vln" určuje multivibrátor s hradly IO1A a IO1B, který generuje pravoúhlý hodinový signál s periodou asi 12 s. Vždy, když výstup *4* IO1B přechází do vysoké úrovně, jsou přes derivační článek C2, R3 vybuzeny vstupy hradel IO1C a IO1D. Výstupy *10* a *11* hradel IO1C a IO1D přejdou na dobu asi 0,7 s do nízké úrovně a přes diody D1 a D2 se vybijí kondenzátory C3 a C4.

Dále budeme sledovat jen dolní kanál. Kondenzátor C4 se nabíjí přes rezistor R5, takže asi za 1,5 s přejde výstup *3* IO2A do nízké úrovně. To má za následek, že se na výstupu *10* IO2C vytvoří kladný impuls o délce asi 1,5 s, který přes diodu D4 a rezistor R14 nabije kondenzátor C21 v modulátoru.

Při nabíjení C21 se rychle zvětšuje amplituda šumu a s malým zpožděním se mění i charakter šumu z „ostrého" na „měkký", což vyvolává dojem příbojové vlny, která naráží na pláž.

Když se výstup hradla IO2C vrátí do nízké úrovně, C21 se pomalu vybíjí přes rezistor R11 a šum slábne a mění „barvu", jako když vlna opouští břeh.

Aby nebyly vlny příboje pravidelné, je v generátoru modulačního signálu použit tzv. znáhodňovač (randomizer), který způsobuje náhodné změny v časování průběhů modulačních napětí.

V dolním kanálu je znáhodňovač tvořen operačním zesilovačem IO3B, zapojeným jako astabilní multivibrátor. V multivibrátoru vzniká na kondenzátoru C8 přibližně trojúhelníkové napětí s periodou asi 20 s, jehož úroveň se pohybuje v rozmezí 3 až 6 V. Trojúhelníkové napětí přes rezistor R9 ovlivňuje rychlost nabíjení kondenzátoru C4 a tím mění zdánlivě nahodile šířku impulsu na výstupu *3* IO2A. To má za následek nepravidlnost počátků „vln příboje". Současně je pravoúhlé napětí z výstupu *7* IO3B, které je vyhlazeno dolní propustí R24, C10, přiváděno přes R26 přímo do modulátoru a způsobuje malé pomalé změny amplitudy a „barvy" zvuku šumu.

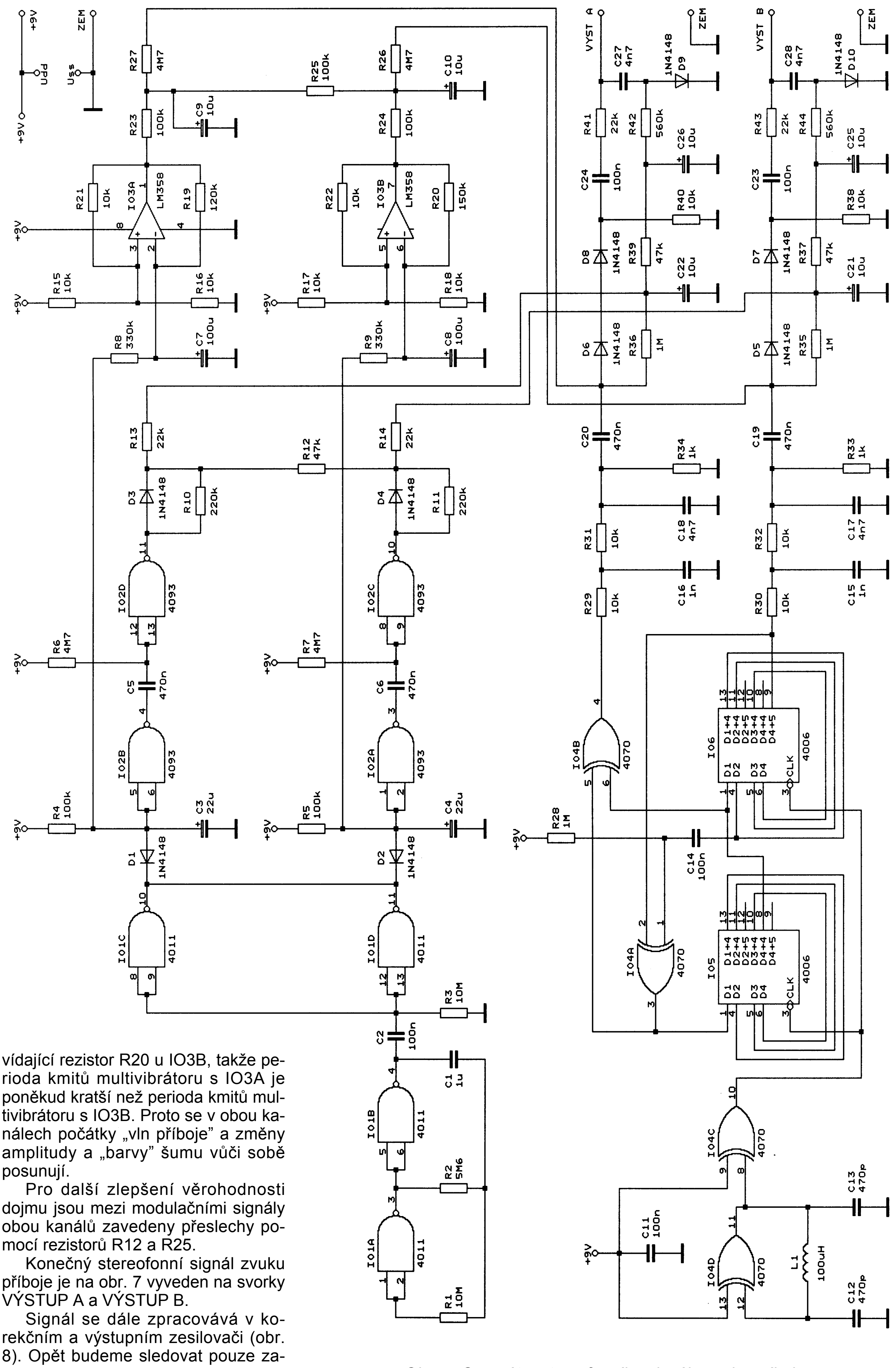
V horním kanálu je jako znáhodňovač použit multivibrátor s operačním zesilovačem IO3A. Zpětnovazební rezistor R19 má menší odpor než odpo-

vídající rezistor R20 u IO3B, takže perioda kmitů multivibrátoru s IO3A je poněkud kratší než perioda kmitů multivibrátoru s IO3B. Proto se v obou kanálech počátky „vln příboje” a změny amplitudy a „barvy” šumu vůči sobě posunují.

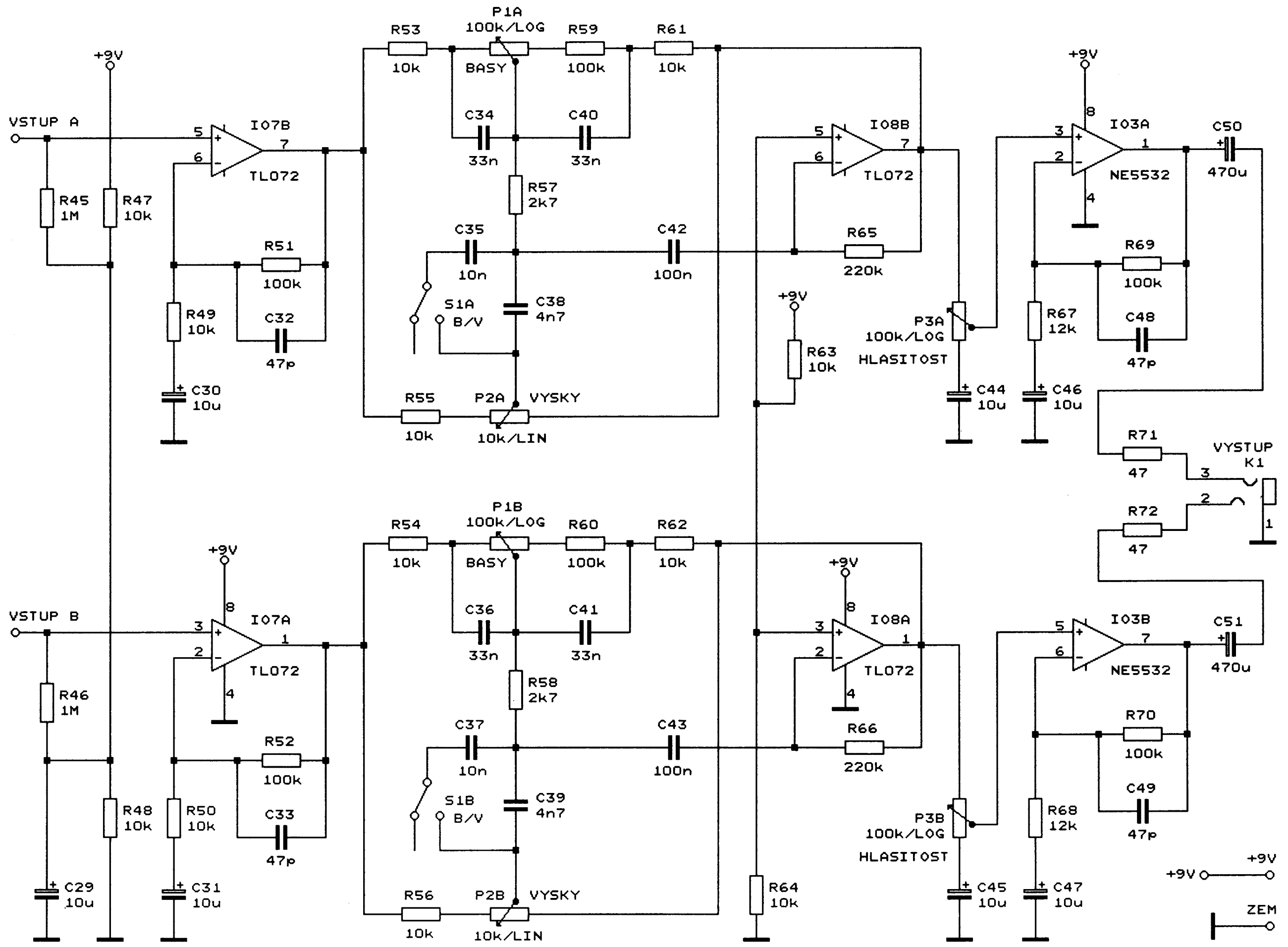
Pro další zlepšení věrohodnosti dojmu jsou mezi modulačními signály obou kanálů zavedeny přeslechy pomocí rezistorů R12 a R25.

Konečný stereofonní signál zvuku příboje je na obr. 7 vyveden na svorky VÝSTUP A a VÝSTUP B.

Signál se dále zpracovává v korekčním a výstupním zesilovači (obr. 8). Opět budeme sledovat pouze zapojení dolního kanálu.



Obr. 7. Generátor stereofonního signálu zvuku příboje



Obr. 8. Stereofonní korekční a výstupní zesilovač

Ze svorky VÝSTUP B na obr. 7 se signál vede na svorku VSTUP B na obr. 8 a odtud dále do oddělovacího zesilovače, který je osazen operačním zesilovačem IO7A typu TL072.

Oddělovací zesilovač je neinvertující a jeho zesílení (asi 11x) je určeno poměrem odporů rezistorů R52 a R50 v děliči zpětné vazby. Kondenzátor C33 upravuje kmitočtovou charakteristiku zesilovače v oblasti nad akustickými kmitočty. Klidové vstupní napětí zesilovače je nastaveno na polovinu napájecího napětí děličem R47, R48, ze kterého je přes oddělovací rezistor R46 napájen neinvertující vstup IO7A. Oddělovací kondenzátor C31 zajišťuje, že pro stejnosměrný signál je zesílení IO7A jednotkové a klidové výstupní napětí zesilovače se tak co nejvíce blíží klidovému napětí vstupnímu.

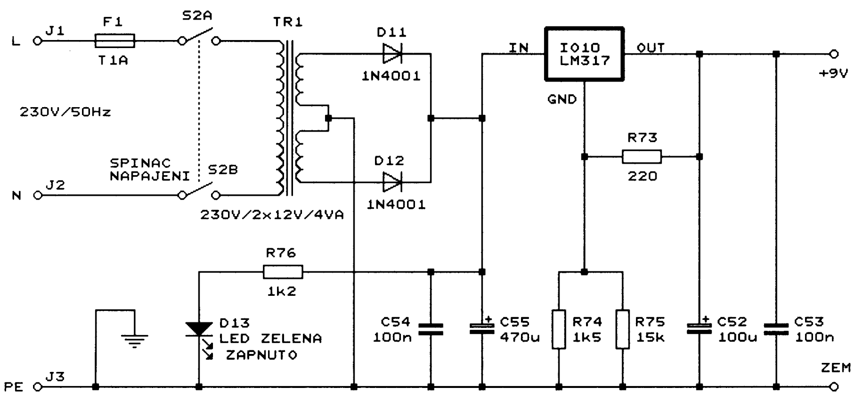
Z oddělovacího zesilovače je signál přiveden do zpětnovazebního korektoru kmitočtové charakteristiky s operačním zesilovačem IO8A. Potenciometr P1B reguluje průběh kmitočtové charakteristiky v oblasti hlubokých tónů (BASY) a potenciometr P2B v oblasti vysokých tónů (VÝŠKY). Korektor je navržen tak, že hloubky pouze zdůrazňuje a výšky pouze potlačuje. Když je běžec P1B natočen na stranu k rezistoru R54 a běžec P2B na stranu k výstupu IO8A, jsou hluboké tóny maximálně zdůrazněny a vysoké tóny maximálně potlačeny. Při natočení běžců potenciometrů na opačnou stranu je kmitočtová charakteristika korektoru téměř plochá. Pro dobrý průběh regulace hloubek je vhodné použít potenciometr P1A, P1B s logaritmickým průběhem a jeho „roztažený" konec připojit k R53 (basy jsou maximálně zdůrazněny při natočení hřídele potenciometru do krajní polohy proti směru otáčení hodinových ručiček).

Kapacita kondenzátoru C38 ovlivňuje mezní kmitočet nasazení regulace výšek a tím i charakter zvuku. Pro záměrnou změnu charakteru zvuku je možno připojovat přepínačem S1B paralelně k C38 další kondenzátor C37. Autor nazval charaktery zvuku v jednotlivých polohách přepínače S1 jako „příboj blízký" (B) a „příboj vzdálený" (V).

Z korektoru je signál veden přes potenciometr P3B pro ovládání hlasitosti a přes výstupní zesilovač s IO3B na výstupní konektor K1.

Dvojitý potenciometr P3 by měl být logaritmický, aby bylo možné jemně ovládat i malé hlasitosti.

Výstupní zesilovač má zesílení asi 10x, aby výstupní signál měl vhodnou velikost pro zavedení do linkového vstupu vnějšího zesilovače. Zapojení výstupního zesilovače je shodné se zapojením oddělovacího zesilovače, liší se pouze typy operačních zesilo-



Obr. 9. Síťový napájecí zdroj

vačů. Na místě IO3B je použit operační zesilovač NE5532, který je schopen dostatečně vybudit sluchátka (k walkmanu), která můžeme připojit přímo k výstupnímu konektoru K1.

Konektor K1 je stereofonní zásuvka JACK o průměru 3,5 mm.

Poslední části zdroje signálu zvuku příboje je síťový napájecí zdroj (obr. 9). Napájecí zdroj dodává stabilizované napětí 9 V. Ke stabilizaci je použit třísvorkový stabilizátor LM317LZ (IO10), který může dodávat proud maximálně 100 mA a má pouzdro TO92. Velikost výstupního napětí je nastavena poměrem odporů rezistorů R73 až R75. Zapojení napájecího zdroje je klasické a nepotřebuje komentář.

Vzhledem k malému příkonu přístroje jej lze napájet také z baterie šesti suchých článků (např. AA).

V původní konstrukci jsou všechny součástky (s výjimkou potenciometrů, síťového transformátoru a součástek síťové části, konektoru K1 a LED D13) umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji o rozměrech asi 153 x 85 mm.

Deska je spolu se zbývajícími součástkami vestavěna do ploché kovové skříňky (deska musí být stíněná). Pokud použijeme skříňku z plastické hmoty, musíme ji zevnitř polepit kovovou stínicí fólií. Stínění spojíme se zemí na desce v místě napájecího zdroje, a to pouze v tomto místě. Se stíněním spojíme i kovové panely skříňky a pouzdra potenciometrů a spínače S1.

Everyday Practical Electronics, únor 1997

Měřicí technika

Analogová paměť maximálního napětí

Popisovaná paměť je navržena jako doplněk k číslicovým multimetrům (DMM) nebo podobným měřicím přístrojům, které nemají vlastní paměť maximální hodnoty měřené veličiny.

Paměť je schopna zpracovávat vstupní napětí, pohybující se v intervalu 0 až +10 V a pracuje jako invertující zesilovač s napěťovým zesílením -1.

Zvětšuje-li se vstupní napětí plynule od nuly, výstupní napětí klesá pod nulu a jeho absolutní hodnota je rovna vstupnímu napětí. Pokud začne vstupní napětí klesat, přestane se výstupní napětí měnit a jeho absolutní hodnota zůstane rovna předchozímu maximu vstupního napětí. Absolutní hodnota výstupního napětí se pak může pouze zvětšit, a to tehdy, když se vstupní napětí zvětší nad předchozí maximum.

Paměť a její výstupní napětí se nulují stisknutím tlačítka RESET.

Schéma analogové paměti maximálního napětí je na obr. 10. V paměti je využita čtveřice operačních „FETových“ zesilovačů TL084 s prakticky „nekonečným“ vstupním odporem.

Vstupní napětí se přivádí mezi svorky J1 a J2 a vede přes oddělovací zesilovač do špičkového detektoru.

Oddělovací zesilovač s IO1A je použit proto, že špičkový detektor musí být buzen ze zdroje signálu s nulovým odporem. Vstupní odpor oddělovacího zesilovače (a tedy celé analogové paměti) je roven odporu rezistoru R1 (2,2 MΩ), který přivádí předpětí na vstup IO1A.

Špičkový detektor je v aktivním zapojení, a kromě klasické detekční diody D2, přes kterou se nabíjí na špičkovou hodnotu vstupního napětí paměťový kondenzátor C1, obsahuje operační zesilovače (OZ) IO1B a IO1C a řadu dalších součástek. Úkolem OZ je zajistit, aby napětí na C1 bylo přesně rovno maximální hodnotě vstupního napětí, bez ohledu na úbytek napětí na diodě D2. Kondenzátor C1 musí být fóliový (bez svodu).

OZ IO1B zesiluje napětí z výstupu oddělovacího zesilovače a diodu D2 a kondenzátor C1 má zapojeny v obvodu zpětné vazby. Druhý OZ IO1C má jednotkové zesílení a slouží jako převodník impedance, který snímá napětí z C1 bez toho, aby kondenzátor vybíjel.

Když se napětí na výstupu oddělovacího zesilovače IO1A zvětšuje od nuly, udržuje zpětná vazba, zavedená rezistory R2 a R3, na výstupu IO1C přesně opačné napětí, než je na výstupu IO1A. Proto se nabíjí (na záporné napětí) z výstupu IO1B přes diodu D2 kondenzátor C2 tak, aby i na něm bylo přesně opačné napětí, než je na výstupu IO1A.

Když se napětí na výstupu oddělovacího zesilovače začne zmenšovat, zůstane napětí na C1 konstantní, protože se C1 nemůže vybíjet ani přes D1, ani přes vstup IO1C. Při poklesu napětí na výstupu oddělovacího zesilovače se otevře dioda D1 a zpětná vazba OZ IO1B je pak uzavřena přes ní.

Napětí z paměťového kondenzátoru C1 je z výstupu IO1C vyvedeno přes trimr R7 (pro regulaci citlivosti) na výstupní svorky J3 a J4, ke kterým se připojuje vnější voltmetr (DMM).

Paměť se nuluje tím, že se C1 vybije tranzistorem T1 (FET BF245B) po stisknutí tlačítka RESET (S1). V klidu je T1 udržován ve vypnutém stavu tím, že je na jeho elektrodu G přiváděno přes dělič D3, R5 a R6 záporné napájecí napětí. Po stisknutí (rozpojení) tlačítka S1 se elektroda G spojí přes R6 se zemí a T1 sepne.

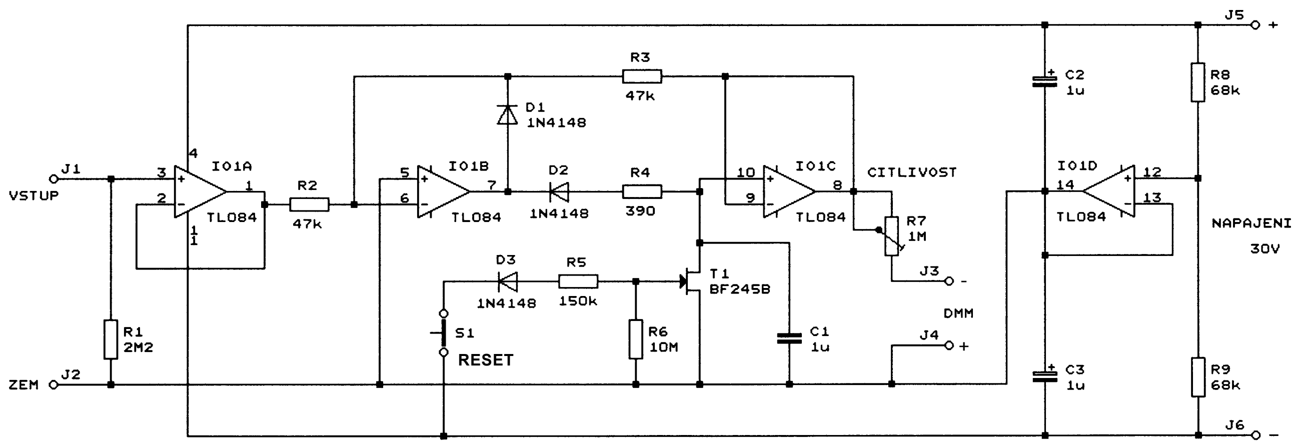
Analogová paměť je napájena hrubě stabilizovaným napětím 30 V (28 až 32 V), které je připojeno na napájecí vývody IO1. Umělá zem (ve středu napájecího napětí) pro zpracovávaný signál je vytvořena odporovým děličem R8, R9 a OZ IO1D. Napájení je blokováno kondenzátory C2 a C3.

FUNKAMATEUR, 3/1996

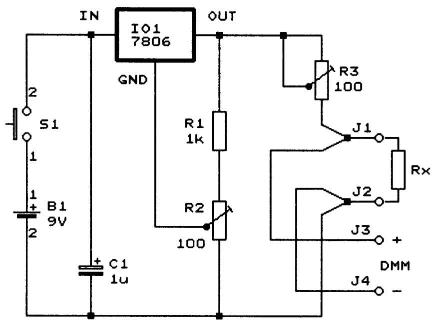
Nejjednodušší přípravek pro měření malých odporů

Přípravek umožňuje měřit s dostatečnou přesností (asi 2 %) odpory v rozsahu od 0,001 do 1 Ω běžným číslicovým multimetrem (DMM).

Zapojení přípravku je na obr. 11. Do měřenoho odporu *Rx* je přes odporový trimr R3 zaváděn proud 100 mA



Obr. 10. Analogová paměť maximálního napětí



Obr. 11. Nejjednodušší přípravek pro měření malých odporů

ze stabilizátoru napětí IO1 (7806). Průtokem proudu vzniká na měřeném odporu úbytek napětí, který je úměrný velikosti tohoto odporu. Úbytek napětí se měří DMM mezi svorkami J3 a J4.

Výstupní napětí stabilizátoru je nastaveno trimrem R2 na velikost 6 V. Aby nulovým odporem *Rx* protékal proud 100 mA, musí mít trimr R3 odpor 60 Ω. Při měření odporu *Rx*, který není zanedbatelně malý vůči odporu trimru, se zmenšuje měřicí proud a vzniká chyba měření. Pro *Rx* = 0,1 Ω je tato chyba asi 0,2 %, pro *Rx* = 1 Ω je chyba asi 2 % a pro *Rx* = 10 Ω je chyba už asi 15 %.

Stabilizátor je napájen z destičkové baterie (alkalické) napětím 9 V. Protože je odběr proudu z baterie značný, připojuje se baterie jen v okamžiku měření tlačítkem S1. Kondenzátor C1 zabraňuje kmitání stabilizátoru.

Všechny součástky včetně baterie jsou umístěny do malé ploché skříňky z plastické hmoty. Na spodní stěně skříňky jsou přišroubovány dva banánky (J3, J4), které lze přímo zasunout do zdířek DMM. Na horní stěně skříňky je tlačítko S1 a dvě šroubovací svorky (J1, J2), ke kterým se připojuje měřený rezistor.

Po zapojení přípravek pomocí DMM zkalibrujeme. Přípravek zasuneme do zdířek pro měření napětí a trimrem R2 nastavíme napětí 6 V mezi banánky J1 a J2. Pak zasuneme přípravek do zdířek pro měření proudu a trimrem R3 nastavíme proud 100 mA mezi banánky.

Při měření malých odporů přepneme DMM na rozsah 200 mV stejnosměrného napětí a přípravek zasuneme do zdířek pro měření napětí. Měřenému odporu *Rx* = 1 Ω odpovídá údaj „.1000" na displeji DMM, rozlišení je 0,001 Ω.

Je vhodné poznamenat si naměřený odpor při přímém spojení svorek silným měděným drátem a tento odpor pak odečítat od změřených neznámých odporů.

Electronics Now, únor 1997

Přípravek pro měření malých odporů střídavým proudem

I měření odporu může být někdy obtížné a komplikované. To platí zvláště o měření velmi malých odporů.

Odpor se zjišťuje měřením úbytku napětí na rezistoru, kterým protéká známý proud. Protože úbytek napětí je závislý na velikosti proudu, musí být proud velmi malým odporem dostatečně velký, aby byl úbytek měřitelný běžným číslicovým meltimetrem (DMM). Např. pro úbytek napětí 10 mV musí odporem 0,1 Ω protékat proud 100 mA.

V některých případech velký měřicí proud ovlivňuje výsledek měření nebo měřené rezistory takový proud nesnesou, při bateriovém napájení ohmetru také velký proud příliš zatěžuje baterii.

Problém může být řešen zesílením úbytku napětí na měřeném odporu. Např. při zesílení 1000x (zisku 60 dB) a požadovaném napětí 0,1 V za zesilovačem postačí, aby měřeným odporem 0,1 Ω protékal proud 1 mA.

Při zesilování malých stejnosměrných napětí však způsobuje chybu vstupní napěťová nesymetrie, která dosahuje u běžných operačních zesilovačů velikosti řádu mV. I když napěťovou nesymetrii lze částečně kompenzovat, vždy zůstává určitá teplotně a časově závislá chyba.

Chybu, způsobenou napěťovou nesymetriií lze vyloučit použitím střídavého měřicího proudu a zesilováním střídavého úbytku napětí na měřeném rezistoru.

Schéma přípravku pro měření malých odporů střídavým proudem je na obr. 12. Přípravek je tvořen zdrojem střídavého měřicího proudu (IO1A), zesilovačem střídavého úbytku napětí na měřeném rezistoru (IO1B), aktivním usměrňovačem (IO1C, D1) a zesilovačem usměrněného stejnosměrného napětí.

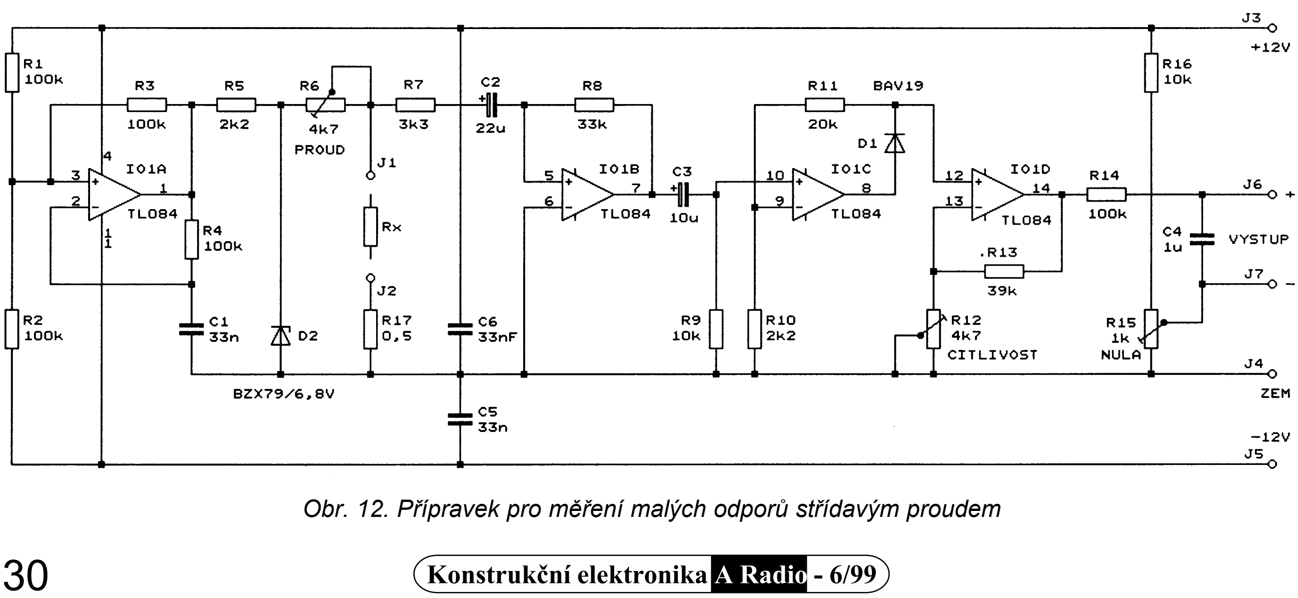
Operační zesilovač (OZ) IO1A typu TL084 ve zdroji střídavého měřicího proudu je zapojen jako multivibrátor, který na svém výstupu poskytuje pravoúhlé napětí o kmitočtu asi 300 Hz. Zenerova dioda D2 omezuje a stabilizuje rozkmit výstupního napětí multivibrátoru na asi 6,6 V. Trimr R6 určuje velikost měřicího proudu měřeným rezistorem Rx, který se připojuje mezi svorky J1 a J2. Rozkmit měřicího proudu při nulovém měřeném odporu *Rx* je zvolen 2 mA, a proto je odpor trimru nastaven na 3,3 kΩ.

Aby nevznika přídavná chyba měření, musí být měřený odpor *Rx* zanedbatelný vůči odporu trimru R6. Vzhledem k tomu, že *R6* je relativně velký, vzniká při měření odporu např. *Rx* = 2 Ω chyba menší než 0,1 %.

Součet úbytků napětí na Rx a R17 je zesilován zesilovačem s OZ IO1B se střídavou vazbou (C2). Poměrem odporů rezistorů R7 a R8 zpětnovazebního děliče je nastaveno zesílení 10x.

Zesílené střídavé napětí je půlvlnně usměrněno aktivním usměrňovačem s OZ IO1C a diodou D1. Usměrňovač je na zesilovač navázán střídavě kondenzátorem C3, takže se nežádoucí stejnosměrná složka zpracovávaného signálu nemůže uplatnit.

Při kladné půlvlně napětí na vstupu usměrňovače je dioda otevřena a na její katodě je zesílené (asi 10x) vstupní napětí, jehož velikost je určena velikostí odporů zpětnovazebního děliče a není závislá na úbytku napětí na di-



Obr. 12. Přípravek pro měření malých odporů střídavým proudem

odě D1. Při záporné půlvlně je D1 zavřena a na její katodě je nulové napětí. Na výstupu usměrňovače je pravoúhlé tepavé stejnosměrné napětí, jehož střední hodnota je polovinou vrcholového napětí.

Napětí z výstupu usměrňovače je stejnosměrně zesíleno zesilovačem s OZ IO1D. Zesílení (rovněž asi 10x) určují odpory trimru R12 a rezistoru R13. Trimrem R12 lze zesílení regulovat, aby bylo možno zkalibrovat citlivost přípravku.

Výstupní tepavé napětí z IO1D se filtruje článkem R14, C4 a vyhlazené napětí se přes svorky J6 a J7 zavádí do připojeného DMM.

V záporném přívodu k DMM (v cestě ke svorce J7) je zapojen dělič napětí s trimrem R15 a rezistorem R16, který slouží jako zdroj kompenzačního napětí. Toto napětí kompenzuje úbytek napětí na rezistoru R17, zapojeném do série s měřeným rezistorem Rx, a úbytek na měřicích přívodech k Rx. Trimrem R15 se nastavuje taková velikost kompenzačního napětí, aby při nulovém Rx byla na displeji DMM také nula.

Popisovaný přípravek předpokládá rozsah měření *Rx* do 1,999 Ω s rozlišením 0,001 Ω. DMM, připojený ke svorkám J6 a J7, musí být přepnut na rozsah měření stejnosměrného napětí 1,999 V. (Měřicím proudem o rozkmitu 2 mA se vytvoří na *Rx* = 2 Ω úbytek napětí o rozkmitu 4 mV. Zesilovače včetně detektoru mají zesílení asi 1000x, takže na výstupu IO1D je tepavé napětí o rozkmitu 4 V. Do DMM se přivádí střední hodnota tepavého napětí, která je polovinou rozkmitu, tj. napětí 2 V.)

Celková citlivost přípravku se zkalibruje trimrem R12 tak, aby např. při *Rx* = 1,800 Ω byl na displeji DMM zobrazen údaj 1,800.

Radioelektronik Audio-HiFi-Video, 2/1996

Funkční generátor s obvodem MAX038

Obvod MAX038 navazuje na obvod ICL8038, který byl léta průmyslovým standardem v oblasti funkčních generátorů, není s ním však kompatibilní.

Obvod MAX038 je precizní funkční generátor, který generuje sinusové, obdélníkové a trojúhelníkové napětí v kmitočtovém rozsahu od 0,1 Hz do 20 MHz. Kmitočet (v rozsahu maximálně 1:375, optimálně 1:40) a střídu (v rozsahu 10 až 90 %) generovaného signálu lze plynule ovládat vnějším napětím z potenciometrů, napájených vnitřním referenčním napětím (+2,5 V). Obvod také obsahuje vstup pro změnu kmitočtu o ±70 % okolo jmenovitého kmitočtu, tento vstup lze použít pro kmitočtovou modulaci.

Schéma funkčního generátoru je na obr. 13 a vychází ze zapojení doporučeného výrobcem (v katalogu výrobce MAXIM lze též vyhledat další podrobnosti). Základem generátoru je obvod MAX038, který je doplněn o minimum vnějších součástek.

Dvoupólovým otočným přepínačem S1 (FUNKCE) se přepínají logické úrovně na vstupech A0 a A1 a tím se volí tvar generovaného signálu.

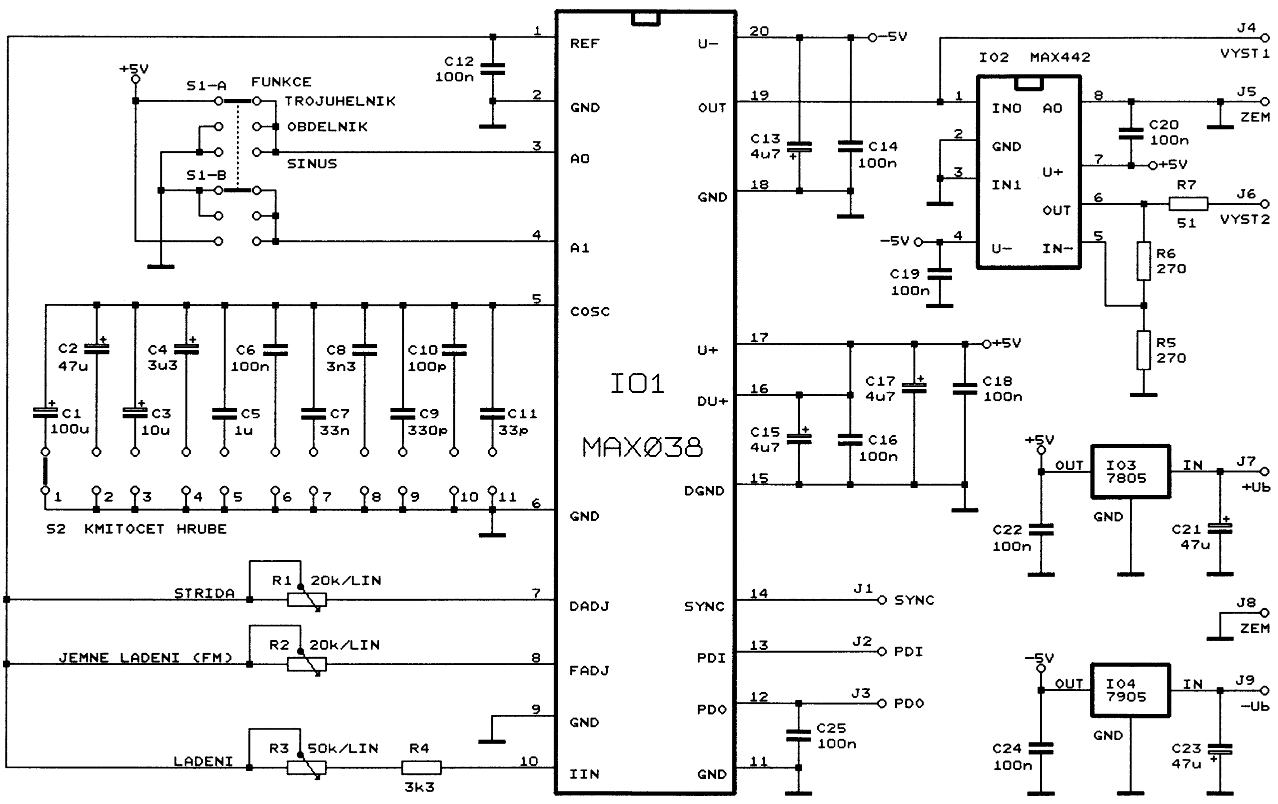
Dalším otočným přepínačem S2 (KMITOČET HRUBĚ) se volí kmitočtové rozsahy. Přepínačem se přepínají kondenzátory C1 až C11 a tím se mění kapacita C_F, zapojená mezi vývod COSC (*5* IO1) a zem. Generovaný kmitočet f_0 je určen vztahem:

$f_0 = I_{IN}/C_F$ [MHz, μA, pF],

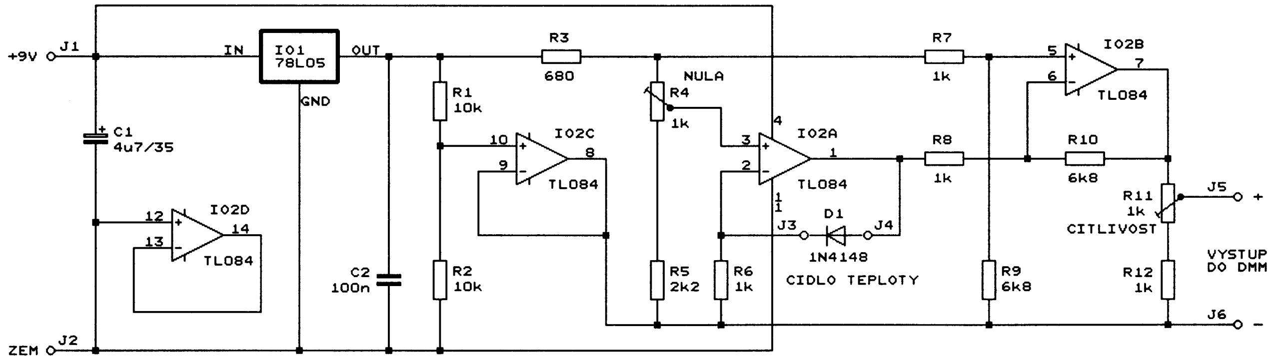
kde I_{IN} je proud, který teče do vstupu IIN (*10* IO1). Kondenzátory C1 až C4 jsou elektrolytické, nejlépe tantalové. Kondenzátory C5 až C8 jsou fóliové, C9 až C11 jsou styroflexové nebo keramické s co nejmenším teplotním součinitelem kapacity (NPO).

Generovaný kmitočet se plynule ladí potenciometrem R3, který ovládá velikost proudu I_{IN}. Proud I_{IN} teče z vnitřního zdroje referenčního napětí REF (*1* IO1) do vstupu IIN. Rezistor R4 omezuje rozsah ladění na asi 1:16 (I_{IN} se pohybuje v rozmezí 47 až 757 μA). V poloze 1 přepínače S1 lze kmitočet plynule měnit v rozsahu 0,5 až 8 Hz, v poloze 2 v rozsahu 1 až 16 Hz, v poloze 3 v rozsahu 5 až 80 Hz, v poloze 4 v rozsahu 15 až 240 Hz, v poloze 5 v rozsahu 50 až 800 Hz, v poloze 6 v rozsahu 0,5 až 8 kHz, v poloze 7 v rozsahu 1,5 až 24 kHz, v poloze 8 v rozsahu 15 až 240 kHz, v poloze 9 v rozsahu 150 kHz až 2,4 MHz, v poloze 10 v rozsahu 0,5 až 6 MHz, v poloze 11 v rozsahu 1,3 až 16 MHz.

Potenciometr R1 zavádí proud z referenčního zdroje do vstupu DADJ (*7* IO1) a slouží pro ovládání střídy generovaného průběhu. Potenciometr R2 zavádí proud z referenčního zdroje



Obr. 13. Funkční generátor s obvodem MAX038



Obr. 14. Přípravek pro měření teploty

do vstupu FADJ (*8* IO1) a slouží pro jemné ladění.

Výstupní signál je k dispozici na výstupu OUT (*19* IO1) a je vyveden z generátoru na svorku VÝST 1 (J4). Vnitřní odpor tohoto výstupu je 0,1 Ω a signál má při všech tvarech rozkmit mezi vrcholy 2 V (±1 V). VÝST 1 smí být zatížen kapacitou max. 90 pF.

Oddělovací zesilovač IO2 (MAX442) poskytuje na vývodu VÝST 2 (J5) definovaný výstupní odpor asi 50 Ω.

Funkční generátor je napájen nestabilizovanými symetrickými napětími ±*Ub*, která se přivádějí na svorky J7 až J9. *Ub* může být 8 až 15 V. Pro IO1 a IO2 je napájecí napětí stabilizováno třísvorkovými stabilizátory IO3 (7805) a IO4 (7905) na velikost ±5 V.

Napájecí vývody všech integrovaných obvodů a některé další vývody IO1 jsou zablokovány keramickými a elektrolytickými (nejlépe tantalovými) kondenzátory C12 až C25.

Funkční generátor je vysokofrekvenční přístroj a proto musí být při jeho konstrukci dodrženy všechny zásady vf techniky (rozmístění součástek, stínění spojů, funkčních celků i celého přístroje, správné vedení země atd.).

FUNKAMATEUR, 1/1995

Přípravek pro měření teploty

Přípravek umožňuje měřit teplotu v rozmezí od -40 do +120 °C běžným číslicovým multimetrem. Jako čidlo teploty je použita obyčejná miniaturní křemíková dioda, citlivost čidla je 10 mV/°C.

Zapojení přípravku je na obr. 14. K měření teploty je využito teplotní závislosti úbytku napětí na přechodu PN křemíkové diody D1 (1N4148) při průtoku proudu v propustném směru. Didou teče proud asi 1,6 mA a je na ní úbytek napětí asi 0,65 V s teplotním součinitelem asi 2 mV/°C. Aby bylo napětí na výstupu přípravku přímo úměrné teplotě (ve °C) a citlivost byla 10 mV/°C, musí se úbytek napětí z diody analogově zpracovat. Od teplotně závislého úbytku napětí na diodě se musí odečíst konstantní napětí, které je rovno úbytku napětí na diodě při teplotě 0 °C. Tím se získává rozdílové napětí, které je přímo úměrné teplotě. Při 0 °C je rozdílové napětí nulové, při záporné teplotě je záporné a při kladné teplotě je kladné. Teplotní součinitel rozdílového napětí je stejný, jako je teplotní součinitel úbytku napětí na diodě, tj. 2 mV/°C. Aby citlivost přípravku byla požadovaných 10 mV/°C, musí se rozdílové napětí zesílit ještě asi 5x.

Předchozímu popisu funkce odpovídá skutečné zapojení přípravku. Dioda D1 (čidlo teploty) je zapojena mezi svorky J3 a J4 v obvodu zpětné vazby operačního zesilovače (OZ) IO2A (TL084). Proud diodou je určen poměrem napětí (z děliče R4, R5) a odporu (rezistoru R6). Napětí na výstupu IO2A je rovno součtu úbytku napětí na D1 a úbytku napětí na rezistoru R6. Velikost úbytku napětí na R6 lze regulovat trimrem R4. Operační zesilovač IO2B odečítá od napětí z výstupu IO2A pomocné napětí z odporového děliče R7, R9 a zesiluje vzniklé rozdílové napětí. Nulové rozdílové napětí při teplotě 0 °C diody D1 se nastavuje trimrem R4. Zesílení IO2B je určeno poměrem odporů rezistorů R8 a R10 zpětnovazebního děliče a je asi 6,8x. Na požadovanou velikost 5x je zesílení zmenšeno výstupním odporovým děličem s trimrem R11 a rezistorem R12. Trimrem R11 se kalibruje citlivost přípravku. Napětí z děliče je vyvedeno na výstupní svorky J5 a J6.

K výstupu přípravku se připojuje DMM, přepnutý na měření stejnosměrného napětí na rozsazích 2 V nebo 20 V. Údaj displeje vyjadřuje teplotu přímo ve °C s rozlišením 0,1 nebo 1 °C. Poloha desetinné tečky je na obou rozsazích nesprávná a je nutno ji ignorovat.

Přípravek je napájen napětím 9 V z destičkové baterie. Přímo napětím 9 V je napájena čtveřice OZ IO2. Referenční napětí pro OZ je stabilizováno třísvorkovým stabilizátorem IO1 (78L05) a má velikost 5 V. Protože IO2 vyžaduje symetrické napájení, je vytvořena odporovým děličem s R1, R2 a sledovačem signálu s OZ IO2C s „nulovým" výstupním odporem „umělá" zem ve středu referenčního napětí 5 V. Napájení je blokováno kondenzátory C1 a C2. Nevyužitý OZ IO2D je ošetřen spojením invertujícího vstupu s výstupem OZ a neinvertujícího vstupu se záporným pólem napájení.

Přípravek nastavíme obvyklým způsobem. Teplotní čidlo (vhodně zapouzdřené) ponoříme do nádoby s vodou, ve které plavou kousky ledu (teplota 0 °C) a trimrem R4 nastavíme nulové výstupní napětí. Pak ponoříme čidlo do vroucí vody, jejíž teplotu měříme laboratorním rtuťovým teploměrem. Trimrem R11 nastavíme takové výstupní napětí, aby odpovídalo (při citlivosti 10 mV/°C) údaji teploměru.

FUNKAMATEUR, 3/1995

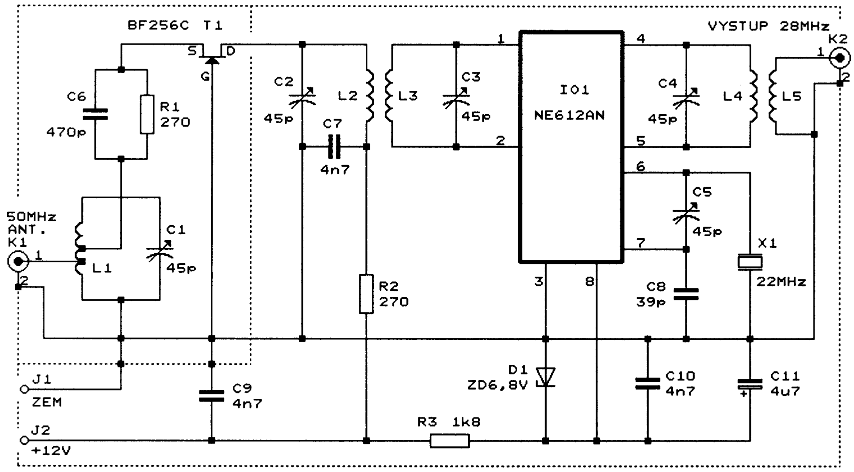
Radiotechnika

Levný přijímací konvertor pro pásmo 50 MHz

Konvertor převádí přijímané signály z pásma 50 až 52 MHz do pásma 28 až 30 MHz a vyznačuje se dobrou citlivostí a jednoduchým nastavením.

Schéma konvertoru je na obr. 15. Základem konvertoru je IO1 typu NE612AN (= NE602), který obsahuje dvojitě vyvážený směšovač a oscilátor.

Signál z antény je veden přes konektor K1 do vstupního laděného obvodu L1, C1, který je naladěn na střed pásma (51 MHz) a propouští do konvertoru pouze žádoucí signály. Napájecí kabel od antény a následující zesilovač s T1 jsou k laděnému obvodu přizpůsobeny odbočkami na L1. Ze vstupního laděného obvodu je signál veden do vf zesilovače s tranzistorem J-FET typu BF256C (T1) v zapojení se společnou elektrodou G. Rezistor R1 nastavuje pracovní bod T1 a je zablokován kondenzátorem C6, aby nezmenšoval zesílení T1. Z T1 je zesílený signál veden přes pásmovou propust na vstupní přívody *1* a *2* směšovače IO1. Pásmová propust je tvořena dvěma laděnými obvody (C2, L2 a C3, L3) a propouští celé pásmo 50 až 52 MHz.



Obr. 15. Levný přijímací konvertor pro pásmo 50 MHz

Ve směšovači se přijímané signály z pásma 50 až 52 MHz směšují se signálem z oscilátoru o kmitočtu 22 MHz a výsledný signál o rozdílovém kmitočtu 28 až 30 MHz se vede přes výstupní laděný obvod s C4, L4 na výstupní konektor K2. Výstupní laděný obvod je naladěn na střed pásma (29 MHz). Výstup konvertoru na konektoru K2 má impedanci 50 Ω a je k laděnému obvodu přizpůsoben vazebním vinutím L5.

Pro dosažení dobré stability je oscilátor osazen krystalem X1 o kmitočtu 22 MHz a kromě krystalu obsahuje pouze nutné vazební kondenzátory C5 a C8. C5 je trimr a slouží pro přesné nastavení kmitočtu 22,000000 MHz.

Konvertor je napájen z vnějšího zdroje napětím 12 V. Napětí pro IO1 je zmenšeno a stabilizováno Zenerovou diodou na velikost asi 6,8 V. Napájecí vodiče jsou důkladně blokovány kondenzátory C7 a C9 až C11.

Všechny součástky konvertoru jsou umístěny na desce o rozměrech 72 x 70 mm s dvoustrannými plošnými spoji. Součástky jsou propojeny na straně spojů, na straně součástek je souvislá zemní plocha mědi, která je vrtákem odstraněna pouze okolo průchozích direk. Vývody součástek, které mají být spojeny se zemí, jsou připájeny přímo k zemní ploše na straně součástek. Cívky L2 a L3 jsou vzájemně rovnoběžné a jejich osy jsou od sebe vzdáleny 15 mm, cívka L1 je umístěna co nejdál od L2 a L3 a její osa je kolmá na osy L2, L3.

Deska je po obvodě vpájena do stínicí krabičky z pocínovaného plechu, na kterou jsou nasunuta stínicí plechová víčka. Vstupní laděný okruh s L1 a tranzistor T1 jsou odděleny stínicí přepážkou, která je připájena k desce na straně součástek a dosahuje až k hornímu okraji krabičky. Konektory K1 a K2 jsou přišroubovány na boční stěny krabičky.

Použité rezistory jsou miniaturní pro zatížení 0,25 W, kondenzátory jsou keramické a elektrolytické, kapacitní trimry jsou fóliové o průměru 7 mm s max. kapacitou 45 pF (fialové), konektory K1 a K2 jsou souosé vf (např. BNC). Cívka L1 má 9 závitů měděného postříbřeného drátu o průměru 1 mm a má vnitřní průměr 8 mm. Odbočka pro anténu je na prvním závitu od zemního konce, odbočka pro T1 je na čtvrtém závitu od zemního konce. Cívky L2 a L3 mají po 10 závitech měděného postříbřeného drátu o průměru 1 mm a mají vnitřní průměr 8 mm. Osová rozteč L2 a L3 je 15 mm. Cívka L4 má 18 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,8 mm a má vnitřní průměr 8 mm. Cívka L5 má 3 závity izolovaného zapojovacího drátu a je navinuta uprostřed na cívce L4.

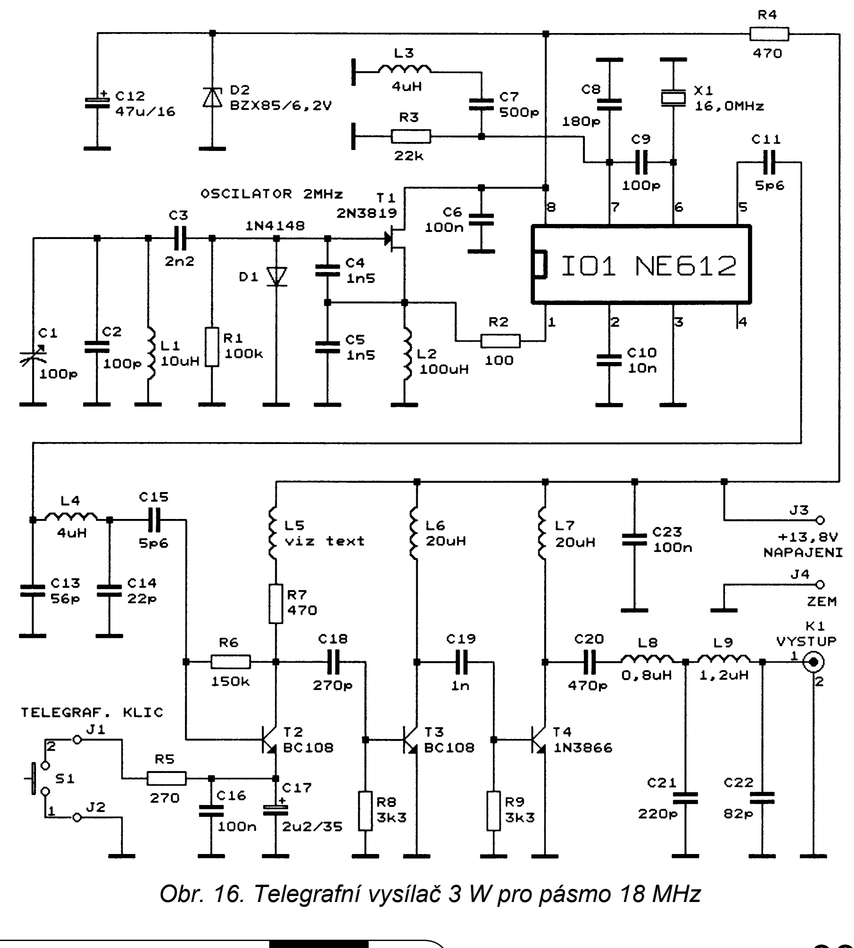
Zapojený konvertor nastavíme s připojeným přijímačem. Přijímačem naladěným na 22 MHz zkontrolujeme, že kmitá oscilátor a kondenzátorem C5 oscilátor případně doladíme. Pak přeladíme přijímač na 29 MHz a podle maxima šumu naladíme kondenzátorem C4 výstupní obvod. Pak přijímačem vyhledáme slabý signál v pásmu 50 MHz a ladíme vstupní obvod a pásmovou propust (C1, C2 a C3) na maximální sílu signálu. Tyto obvody můžeme naladit i bez signálu na maximum šumu. U vstupního laděného obvodu zhruba splývá naladění pro největší zisk s naladěním pro nejmenší šumové číslo, takže i vstupní obvod postačí naladit na maximální sílu přijímaného signálu. Zesilovač s T1 je stabilní a pracuje bez divokých oscilací i bez připojené antény, jak se můžeme přesvědčit pootočením trimrem C1.

FUNKAMATEUR, 2/1995

Telegrafní vysílač 3 W pro pásmo 18 MHz

QRP vysílače se navrhují obvykle řízené krystalem a je možno je přelaďovat pouze o několik kHz rozlaďováním krystalu. Popisovaný vysílač je přeladitelný přes celé pásmo 18 MHz (18,068 až 18,168 MHz). Aby byla zachována stabilita kmitočtu, potřebná pro telegrafní provoz, získává se signál o kmitočetu 18,068 až 18,168 MHz směšováním signálu o kmitočtu 16 MHz z krystalového oscilátoru se signálem o kmitočtu 2,068 až 2,168 MHz z přeladitelného oscilátoru LC. Stabilita a fázový šum oscilátoru LC jsou na tak nízkém kmitočtu zcela vyhovující.

Schéma vysílače je na obr. 16. Přeladitelný oscilátor LC je osazen



Obr. 16. Telegrafní vysílač 3 W pro pásmo 18 MHz

tranzistorem J-NFET T1 (2N3819) v zapojení se společným kolektorem. Na místě T1 lze vyzkoušet dostupnější tranzistory J310, BF245 nebo BF256. Ladicí kondenzátor C1 je kvalitní vzduchový, kondenzátory C2 až C5 musí být co nejstabilnější (slídové, keramické vícevrstvové NPO, styroflexové) a i blokovací kondenzátor C6 by měl být stabilní (fóliový). Cívka L1 je doladitelná a má mít co největší jakost a stabilitu. Stabilní by měla být i tlumivka L2. U oscilátoru je nutné seřídit střední kmitočet a velikost přeladění. Střední kmitočet se dolaďuje změnou indukčnosti L1 při nastavené střední kapacitě ladicího kondenzátoru C1. Velikost přeladění se upraví změnou max. kapacity ladicího kondenzátoru nebo změnou kapacity paralelního kondenzátoru C2, popř. také zapojením kondenzátoru o vhodné kapacitě do série s ladicím kondenzátorem. Signál z oscilátoru LC je zaveden na vstup *1* dvojitě vyváženého směšovač IO1 (NE612).

Krystalový oscilátor je zapojen s oscilačním tranzistorem, který je součástí IO1 (vývody *6* a *7*), a proto krystalový oscilátor obsahuje pouze několik pasivních součástek - především krystal X1 o kmitočetu 16 MHz. Díky sériovému rezonančnímu obvodu L3, C7 lze v oscilátoru dobře použít i harmonické krystaly.

Součtový signál z výstupu směšovače *5* IO1 je veden přes π-článek C13, L4, C14 do třístupňového zesilovače výkonu. Zesilovač je neladěný a je osazen běžnými křemíkovými tranzistory NPN (T2 až T4) v zapojení se společným emitorem. Signál se klíčuje telegrafním klíčem S1, kterým se spíná kolektorový proud tranzistoru T2 prvního stupně zesilovače. Tvar impulsů kolektorového proudu T2, a tím i „tvar" telegrafních značek je ošetřen článkem R5, C16, C17. Tlumivka L5 má 15 závitů tenkého měděného drátu s lakovou izolací a je navinuta na feritové perle. Tlumivky L6 a L7 jsou navinuty na půlpalcovém dvouotvorovém feritovém jadru, L6 má indukčnost 20 μH, L7 má 4 až 5 závitů měděného izolovaného drátu.

Zesílený signál z kolektoru T4 je veden přes dvoupólová filtr na výstupní konektor K1 pro připojení antény. Filtr přizpůsobuje charakteristickou impedanci 50 Ω anténního svodu k zesilovači a potlačuje vyšší harmonické. Cívka L8 má indukčnost 0,8 μH a má 14 závitů měděného lakovaného drátu, který je navinut na železovém toroidním jádru T50-6. Cívka L9 má indukčnost 1,2 μH a má 17 závitů měděného lakovaného drátu navinutého na jádru stejného typu. Obě cívky mohou být i válcové s válcovým železovým jádrem, ale musí mít předepsanou indukčnost. Výkonový zesilovač poskytuje při napájecím napětí 13,8 V výkon asi 3 W do zátěže 50 Ω.

Vysílač je napájen ze síťového zdroje nebo z olověného akumulátoru jmenovitým napětím 13,8 V. Pro IO1 a oscilátor LC je toto napětí zmenšeno a stabilizováno na velikost 6 V Zenerovou diodou D2.

Konstrukční řešení vysílače není v původním prameni uvedeno.

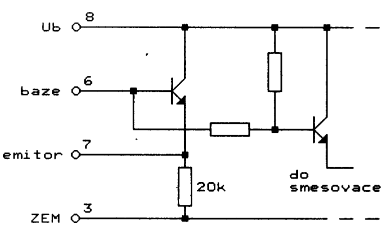
FUNKAMATEUR, 8/1995

Praktický návrh oscilátoru s obvodem NE612

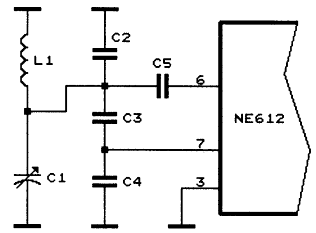
Integrovaný obvod NE612 (= NE602) obsahuje dvojitě vyvážený směšovač a oscilátor s oddělovacím zesilovačem a je určen především pro použití ve vstupní části přijímačů typu superheterodyn. Obvod pracuje v širokém kmitočtovém rozsahu (od 0 do 500 MHz) a je radioamatéry hojně využíván. Při aplikaci obvodu však vyvstává otázka, jak zapojit vnější součástky oscilátoru a jak navrhnout jejich hodnoty, aby oscilátor správně pracoval na požadovaném kmitočtu. Tento příspěvek se snaží na uvedenou otázku odpovědět.

Zapojení tranzistorů oscilátoru a oddělovacího zesilovače v obvodu NE612 je na obr. 17. Tranzistor oscilátoru pracuje v zapojení se společným kolektorem a má vyvedenou bázi na vývod *6* a emitor na vývod *7* pouzdra IO. Kolektor tranzistoru je spojen s kladnou napájecí sběrnicí Ub (vývod *8*), zem IO je na vývodu *3*. Napájecí napětí *Ub* může být 4,5 až 8 V, funkce oscilátoru je podle katalogu zaručena do 200 MHz. IO obsahuje i emitorový rezistor oscilačního tranzistoru. Odpor 20 kΩ emitorového rezistoru je relativně velký a při napětí emitoru proti zemi řádu 1 V dovoluje průtok kolektorového proudu asi jen 0,1 mA. Při tak malém proudu je strmost tranzistoru malá a na vyšších kmitočtech (nad 100 MHz) se při menší jakosti vnějšího rezonančního obvodu oscilátor nerozkmitá. V takovém případě je nutné zvětšit proud tranzistorem připojením vnějšího rezistoru mezi vývody *7* a *3* IO.

Základní zapojení oscilátoru LC je na obr. 18. Kmitočet *f* oscilátoru je určen paralelním rezonančním obvodem, který je tvořen cívkou L1 a k ní paralelně přípojenými kondenzátory C1, C2 a kapacitním děličem C3 a C4. „Živý" konec rezonančního obvodu je připojen přes oddělovací kondenzátor na bázi tranzistoru oscilátoru, střed kapacitního děliče C3, C4 je spojen s emitorem tranzistoru. V tomto zapojení se kapacity kondenzátorů C3 až C5 určí podle vzorce:



Obr. 17. Zapojení tranzistorů oscilátoru a oddělovacího zesilovače v obvodu NE612



Obr. 18. Základní zapojení oscilátoru LC

$$C3 = C4 = C5 = 2000/f \quad \text{[pF, MHz]}.$$

Indukčnost cívky L1 se vypočte podle vzorce:

$$L1 = 15/f \quad \text{[μH, MHz]}.$$

Celková kapacita paralelní kombinace C1 a C2 se vypočte podle Thomsonova vzorce tak, aby okruh rezonoval na požadovaném kmitočtu *f* oscilátoru:

$$C1 + C2 = (25300/L1 \cdot f^2) - (C3)/2 - 10 \quad \text{[pF, μH, MHz]}.$$

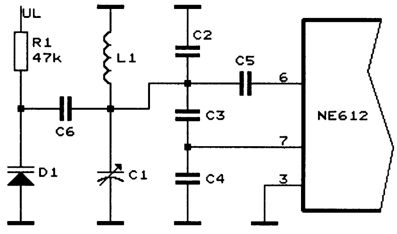
Poslední menšitel na pravé straně rovnice představuje parazitní kapacitu IO a spojů, která je předpokládána 10 pF.

Dvě zapojení oscilátorů s dolaďovacími varikapy (D1, D2) jsou na obr. 19 a obr. 20. Oddělovací kondenzátor C6 má mít kapacitu alespoň 10x až 100x větší, než je maximální kapacita varikapu. V obou zapojeních se kapacity varikapů přičítají k celkové kapacitě rezonančního obvodu. Přeladění kmitočtu varikapem lze určit podle vztahu:

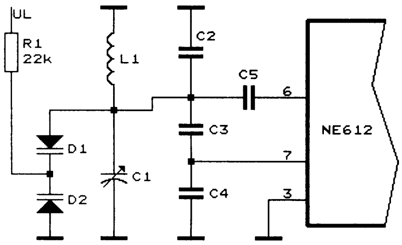
$$f_{MAX}/f_{MIN} = \sqrt{(C_{MAX}/C_{MIN})} \quad \text{[MHz, pF]},$$

kde f_{MAX} a f_{MIN} je nejvyšší a nejnižší kmitočet při přelaďování a C_{MAX} a C_{MIN} je největší a nejmenší celková kapacita, připojená paralelně k L1.

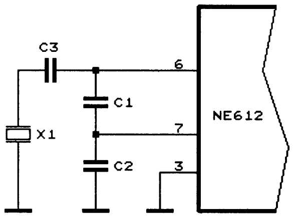
Zapojení krystalového oscilátoru s krystalem kmitajícím na základním



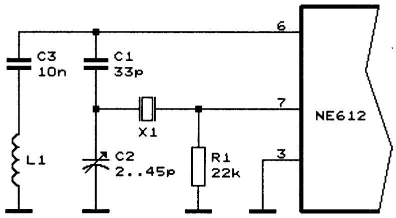
Obr. 19. Oscilátor LC s dolaďovacím varikapem



Obr. 20. Oscilátor LC s dolaďovacím dvojitým varikapem



Obr. 21. Zapojení krystalového oscilátoru s krystalem kmitajícím na základním kmitočtu



Obr. 22. Zapojení krystalového oscilátoru s krystalem kmitajícím na harmonickém kmitočtu

kmitočtu *f* je na obr. 21. Kapacity kondenzátorů C1 a C2 se vypočtou podle vzorců:

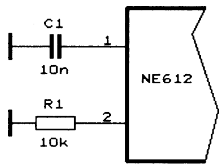
$C1 = 100/\sqrt{f}$, $C2 = 1000/f$ [pF, MHz].

Kondenzátor C3 dolaďuje (zvyšuje o desítky Hz) kmitočet krystalu. Obvykle se jako C3 používá trimr s maximální kapacitou 50 pF. Pokud není nutné krystal dolaďovat, nahradíme C3 zkratem.

Zapojení Butlerova oscilátoru, ve kterém krystal kmitá na vyšší harmonické, je na obr. 22. Indukčnost cívky L1 se určí podle vzorce:

$L1 = 1000/f^2$ [μH, MHz].

Obr. 23. Ošetření vstupů směšovače



Pokud chceme využít obvod NE612 pouze jako oscilátor s oddělovacím zesilovačem, vyřadíme směšovač z činnosti zapojením jeho vstupů *1* a *2* podle obr. 23. Signál oscilátoru pak odebíráme z výstupů *4* nebo *5* směšovače.

Ve všech zapojeních oscilátorů musíme používat co nejstabilnější součástky s co nejmenšími ztrátami. Vhodné kondenzátory jsou slídové nebo keramické NPO (COG). Běžné polštářkové keramické kondenzátory NPO mají kapacitu max. desítky pF, keramické kondenzátory NPO s větší kapacitou (do 330 pF) se však běžně dodávají ve vícevrstvovém provedení pro SMD. Cívku je nutné vinout na nízkoztrátové kostřičce o co největším průměru co nejsilnějším měděným postříbřeným drátem nebo vf lankem. Případně je možné použít železové nebo feritové jádro, které musí určeno pro příslušný kmitočet.

Kmitání oscilátoru lze ve všech zapojeních kontrolovat osciloskopem, jehož dělicí sondu (1:10) připojíme na emitor oscilačního tranzistoru (vývod *7* IO). Vstupní kapacitou sondy se však oscilátor poněkud rozladí.

FUNKAMATEUR, 8/1995

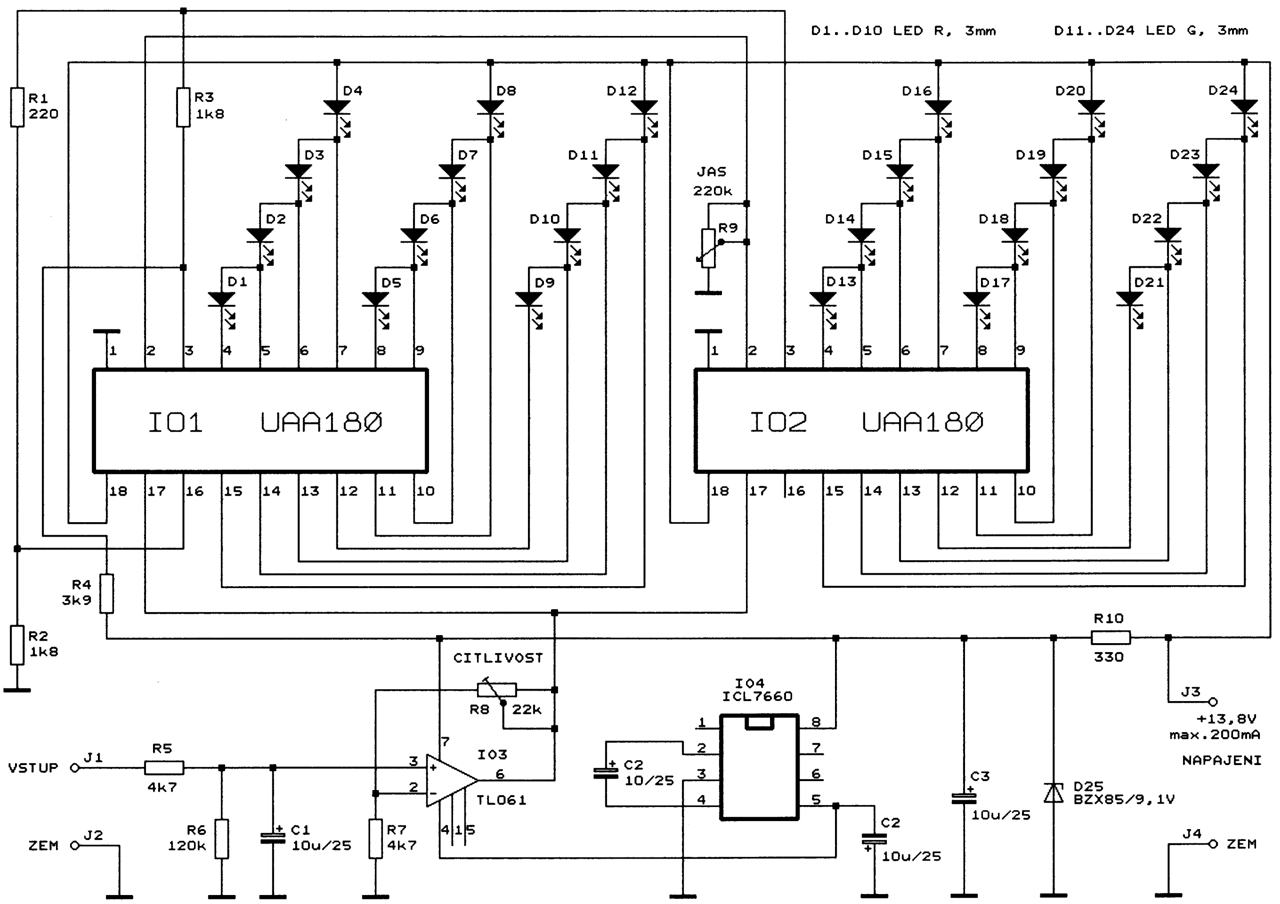
S-metr s páskovým zobrazovačem s LED

Přístroj je určen jako vnější S-metr pro stanici CB při jejím použití např. v automobilu, kdy je potřebné zřetelně zobrazit údaj mechanicky odolným zařízením.

Schéma S-metru je na obr. 24. Na vstup S-metru (J1, J2) se přivádí stejnosměrné napětí z radiostanice z výstupu pro připojejí vnějšího S-metru. Ze vstupu S-metru se vede napětí přes filtr R5, C1 do zesilovače s IO3 (TL061). Rezistor R6 zavádí na neinvertující vstup IO3 předpětí, zpětnovazební dělič s R7 a R8 určuje zesílení. Trimrem R8 lze regulovat zesílení v rozsahu 1x až 6x a lze tak přizpůsobit citlivost S-metru připojené radiostanici.

Z výstupu IO3 se napětí vede do páskového indikátoru. Indikátor je osazen dvěma obvody UAA180 (IO1 a IO2), ke kterým je připojeno celkem 24 LED D1 až D24. Při nejmenším vstupním napětí se rozsvítí D24, při největším D1. Jas LED se ovládá trimrem R9.

S-metr je navržen pro napájení napětím 13,8 V z olověného akumulátoru



Obr. 24. S-metr s páskovým zobrazovačem s LED

z automobilu. Napájecí napětí je stabilizováno na velikost 9,1 V Zenerovou diodou D25. Měnič s IO4 (ICL7660) dodává záporné napájecí napětí pro operační zesilovač IO3.

Součástky S-metru jsou připájeny na podlouhlé desce s jednostrannými plošnými spoji. Podél delší strany desky jsou vedle sebe do řady umístěny všechny LED. Představíme-li si, že LED jsou umístěny ve vodorovné řadě, pak při pohledu na LED zepředu je D24 zcela vlevo a D1 zcela vpravo. LED D24 až D11 jsou zelené o průměru 3 mm, LED D10 až D1 jsou červené o průměru 3 mm.

K LED umístíme štítek s cejchováním zobrazovače. U D24 je nápis S1, u D22 je nápis S2, u D20 je nápis S3, u D18 je nápis S4, u D16 je nápis S5, u D14 je nápis S6, u D13 je nápis S7, u D12 je nápis S8, u D11 je nápis S9, u D9 je nápis +10 dB, u D6 je nápis +20 dB a u D2 je nápis +30 dB.

Po zapojení součástek vyzkoušíme funkci S-metru pomocí stejnosměrného napětí (regulovatelného v rozsahu asi 0 až 5 V), které připojíme na vstup. Citlivost S-metru zkalibrujeme trimrem R8 po připojení k radiostanici. Nejjednoduší je vyladit signál, při kterém vnitřní S-metr ukazuje S9 a trimrem R8 nastavit indikaci S9 i na vnějším S-metru. Dokonaleji nastavíme S-metr tak, že do anténního konektoru radiostanice zavedeme z vf generátoru signál, který má kmitočet 27,205 MHz (kanál 20), je kmitočtově modulován se zdvihem 1,5 kHz a má velikost 50 μV, naladíme stanici na tento signál a trimrem R8 nastavíme takovou citlivost S-metru, aby indikoval S9. Pokud nemáme možnost zkalibrovat S-metr pomocí radiostanice, můžeme nastavit citlivost S-metru trimrem R8 tak, aby indikoval S9 při vstupním napětí 1,5 V.

FUNKAMATEUR, 12/1995

Různě aplikovaná elektronika

Časový spínač s přesným nastavením času po minutě

Spínač byl navržen pro řízení doby osvitu při výrobě desek s plošnými spoji. Dovoluje nastavit přesné časy po minutě od 1 do 12 minut.

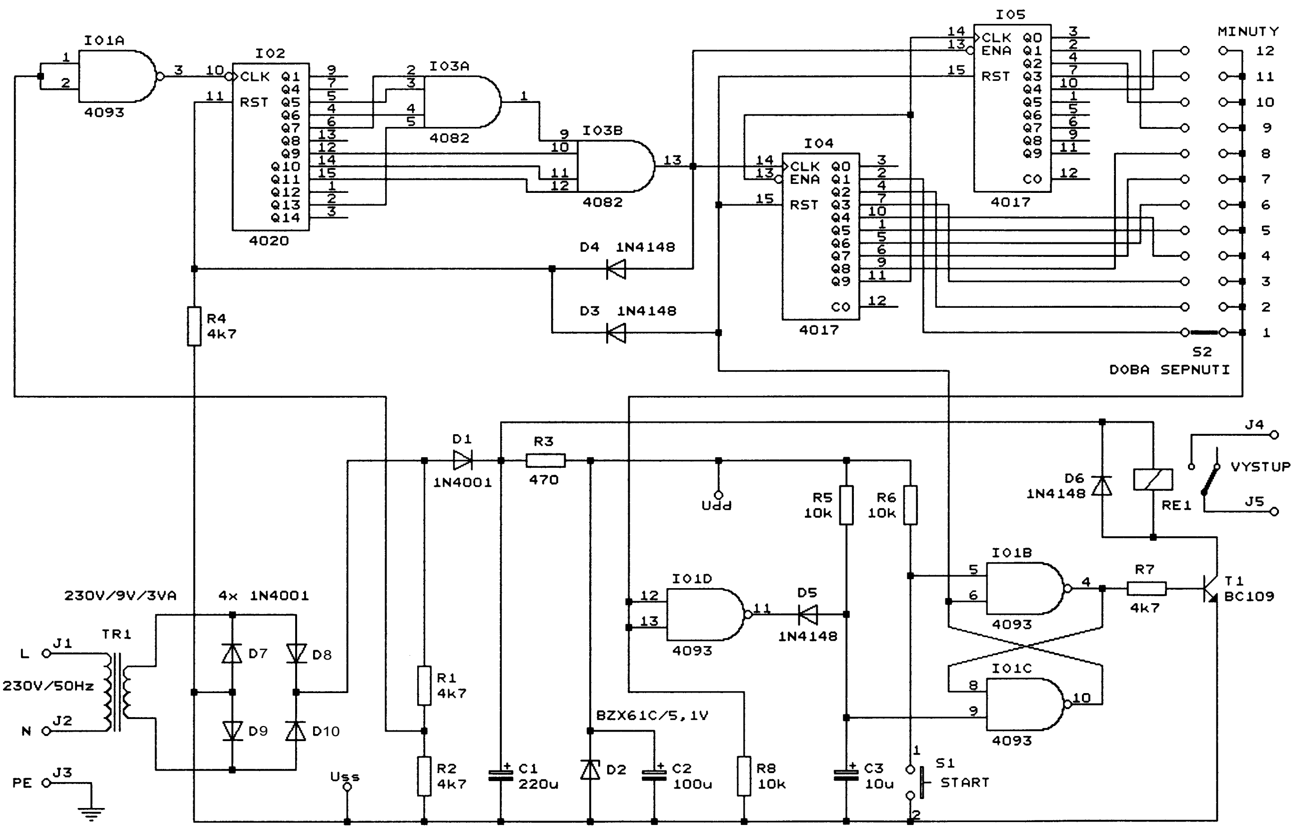
Schéma zapojení časového spínače je na obr. 25. Doba sepnutí je odvozena od síťového kmitočtu. Referenční hodinový signál je získáván hradlem IO1A typu Schmittův klopný obvod z tepavého napětí o kmitočtu 100 Hz z napájecího zdroje.

Z výstupu IO1A je hodinový signál zaveden na vstup *10* vícestupňového binárního čítače IO2. Výstup čítače je dekódován hradly IO3A a IO3B tak, že se na výstupu IO3B vyskytuje jeden impuls za minutu. Impulsy z výstupu IO3B jsou zavedeny na hodinový vstup *14* IO4 dvoustupňového kruhového čítače (IO4, IO5). Doba sepnutí časového spínače se volí přepínačem S2.

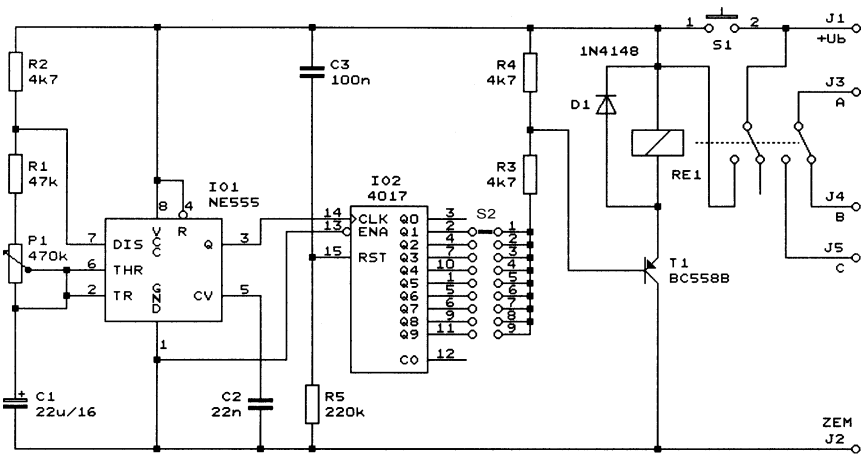
Hradla IO1C a IO1D jsou zapojena jako klopný obvod RS (RSKO), který řídí časový spínač. Článek R5, C3 nuluje RSKO při zapnutí síťového napětí. Při vynulovanom RSKO jsou všechny čítače nulovány signálem úrovně H z výstupu *10* IO1C. RSKO se nastaví stisknutím tlačítka S1 (START). Čítače začnou pracovat a signálem úrovně H z výstupu *4* IO1B se přes tranzistor T1 vybudí cívka relé RE1. Kontakty relé přes výstupní svorky J4 a J5 sepnou proud do zátěže. Když čítač IO4, IO5 načítá požadovaný čas, vynuluje se RSKO (přes přepínač S2 a hradlo IO1D) a relé odpadne.

Časový spínač je napájen ze síťového zdroje. Sekundární napětí transformátoru TR1 je dvojcestně usměrňováno můstkovým usměrňovačem s diodami D7 až D10. Vyhlazovací kondenzátor C1 je připojen k usměrňovači přes oddělovací diodu D1, aby na výstupu usměrňovače bylo tepavé napětí, potřebné pro odvození referenčního hodinového signálu. Tepavé napětí je na vstup IO1A vedeno přes odporový dělič R1, R2. Vyhlazeným napětím asi +12 V z C1 je přímo napájeno pouze relé RE1. Pro napájení logických obvodů spínače je napájecí napětí zmenšeno a stabilizováno na asi 5,1 V Zenerovou diodou D2.

Everyday Practical Electronics, duben 1997



Obr. 25. Časový spínač s přesným nastavením času po minutě



Obr. 26. Časový spínač s 555

Časový spínač s 555

Na obr. 26 je zapojení časového spínače, který dovoluje nastavit čas sepnutí v rozsahu 1 až 100 s.

Obvod 555 (IO1) pracuje jako astabilní multivibrátor. Perioda kmitů multivibrátoru se plynule ovládá potenciometrem P1 v rozmezí asi 1 až 11 s. Změnou kapacity C1 lze velikost periody podle potřeby upravit.

Pravoúhlý signál z výstupu IO1 je veden do Johnsonova dekadického čítače 4017 (IO2), který má výstupní kód jedna z deseti. Po zapnutí napájecího napětí se čítač vynuluje článkem R5, C3. Tím se uvede výstup Q0 čítače do vysoké (H) úrovně a všechny ostatní (Q1 až Q9) do nízké (L) úrovně. První vzestupnou hranou signálu z multivibrátoru se stav čítače změní, Q0 přejde do úrovně L a Q1 do úrovně H. Při druhé vzestupné hraně signálu z multivibrátoru přejde Q1 do úrovně L a Q2 do úrovně H. Při dalších vzestupných hranách signálu z multivibrátoru se úroveň H postupně přesunuje na další výstupy Q3 až Q9 čítače. Pomocí propojky (jumperu) S2 lze spojit zvolený výstup (Q1 až Q9) čítače s bází tranzistoru T1, který spíná proud do cívky relé RE1. Tranzistor T1 je PNP a je zapojen tak, aby při úrovni L na jeho bázi bylo relé sepnuto a při úrovni H vypnuto. Jeden kontakt relé je zapojen paralelně k tlačítku S1, druhý kontakt je vyveden na svorky J3 až J5 a spíná proud do ovládaného spotřebiče.

Časový spínač se zapíná stisknutím tlačítka S1, kterým se připojí napájecí napětí +Ub k vnitřním obvodům spínače. Čítač se vynuluje, na jeho výstupu Q0 je úroveň H a na výstupech Q1 až Q9 jsou úrovně L. Relé sepne a svým „samodržným“ spínacím kontaktem, který je zapojen paralelně k tlačítku S1, přivádí trvale napájecí napětí do časového spínače. Při zapnutí napájecího napětí začne kmitat multivibrátor a posunuje úroveň H po jednotlivých výstupech čítače. Když úroveň H dorazí na výstup čítače, který je spojen propojkou s bází T1, relé vypne a jeho „samodržný“ kontakt odpojí napájení časového spínače. Podle polohy propojky S2 tak vlastně čítač způsobuje, že relé je sepnuto po dobu jedné (Q1 spojen s bází T1) až devíti (Q9 spojen s bází T1) period kmitů multivibrátoru.

Časový spínač je napájen napětím *+Ub* o velikosti 12 V z vnějšího zdroje.

V časovém spínači jsou použity běžné součástky. Propojky S2 mohou být podle potřeby drátové, s kontaktními kolíky a jumperem nebo na jejich místo můžeme zapojit přepínač. Relé je na napětí 12 V a má dva přepínací kontakty, které jsou dimenzovány podle spínaného napětí a proudu připojeného spotřebiče.

FUNKAMATEUR, 1/1995

Semafor pro modelovou železnici

Popisovaný semafor odpovídá rozmístěním a barvami světel semaforům na britské železnici. Semafor má ve svislé řadě čtyři světla (LED), nahoře je červená, pod ní je oranžová (jantarová), zelená a druhá oranžová.

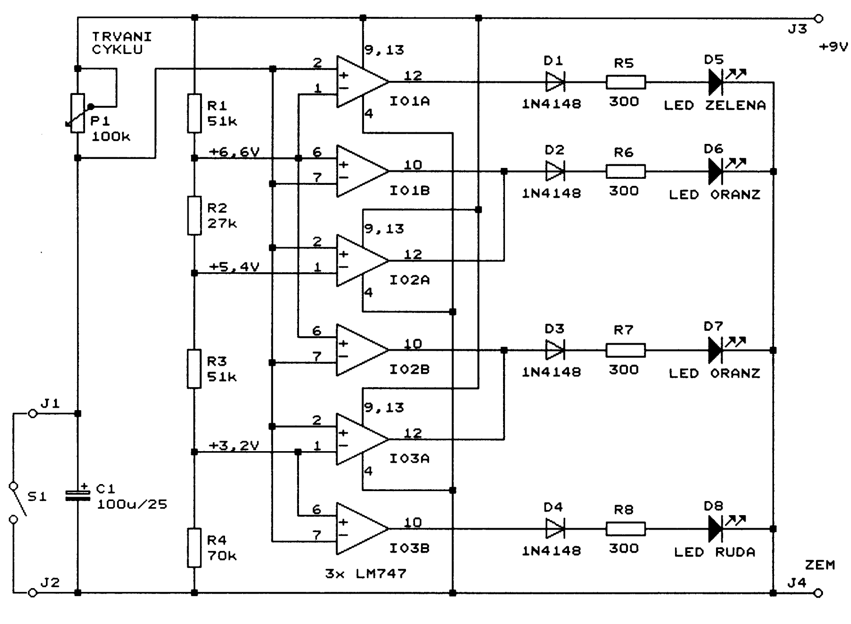
Při průjezdu lokomotivy vlaku okolo semaforu se rozsvítí červené světlo, po třech sekundách jedno oranžové světlo, pak dvě oranžová světla a po deseti sekundách zelené světlo.

Zapojení semaforu je na obr. 27. Průjezd lokomotivy okolo semaforu je snímán jazýčkovým spínacím kontaktem (S1), který je umístěn mezi kolejemi. Lokomotiva musí mít na dolní straně feritový magnet, kterým se při průjezdu lokomotivy kontakt sepne.

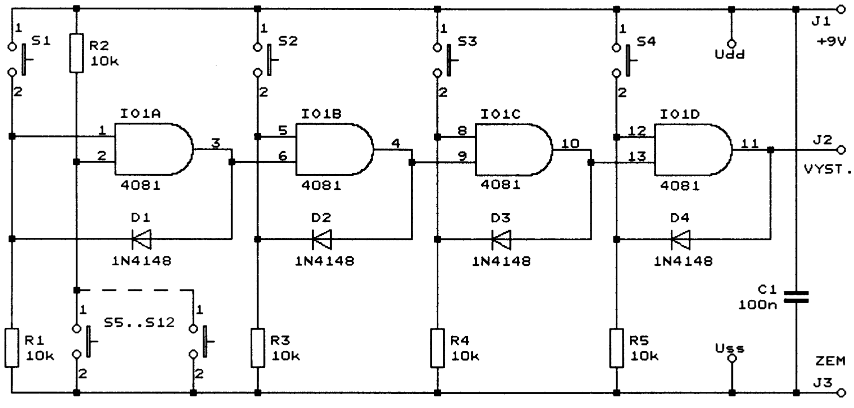
Kontaktem S1 se vybije elektrolytický kondenzátor C1. Po rozpojení kontaktu se C1 začne ihned nabíjet přes trimr P1. Trimrem se podle potřeby nastavuje délka cyklu přepínání světel. Napětí U_C na kondenzátoru C1 je porovnáváno vícestavovým komparátorem s referenčními napětími na odbočkách odporového děliče, tvořeného rezistory R1 až R4. Jako komparátor jsou použity tři dvojité operační zesilovače IO1A až IO3B (3x LM747). Když je U_C menší než 3,2 V, svítí červená LED D8, při U_C v rozmezí 3,2 až 5,4 V svítí oranžové LED D6 a D7 a při U_C větším než 6,6 V svítí zelená LED D5.

Jednoduchou úpravou lze funkci semaforu rozšířit tak, aby modelový vlak automaticky zastavoval před semaforem, pokud nesvítí zelené světlo.

Pro tuto funkci využijeme logické napětí z výstupu IO1A, které rozsvěcí zelenou LED. Výstup *12* IO1A připojíme přes ochrannou diodu D9 (1N4148, anoda D9 je spojena s výstupem IO1A) na bázi tranzistoru NPN T1 (ZTX300, možno nahradit např. BC337-25), který pracuje jako emitorový sledovač. Na kolektor T1 je přivedeno kladné napájecí napětí (+9 V), mezi emitor T1 a ZEM je připojena cívka relé RE1. Relé svým spínacím kontaktem zapíná proud do odděleného úseku kolejí před semaforem. Cívka relé je na napětí 6 až 9 V, paralelně k cívce je připojena dioda



Obr. 27. Semafor pro modelovou železnici



Obr. 28. Kódový spínač

D10 (1N4001, anoda D10 je spojena se zemí), která potlačuje napěťovou špičku při vypnutí proudu cívkou. Při tomto uspořádání semaforu je zelená LED D5 se svým rezistorem R5 zapojena mezi emitor T1 a zem.

Semafor je napájen napětím 9 až 12 V z baterie, síťového adaptéru nebo ze zdroje pro napájení kolejiště. Pro úsporu energie je vhodné připojit baterii přes spínací kontakt relé RE2, jehož cívka je napájena napětím z kolejí. Tím se dosáhne toho, že semafor je v provozu pouze při jízdě vlaku.

Everyday Practical Electronics, prosinec 1997

Kódový spínač

Jednoduché a elegantní zapojení kódového spínače, který byl původně navržen pro poplašné zařízení do automobilu, je na obr. 28. Kódový spínač lze samozřejmě použít i pro domácí poplašné zařízení, pro kódový zámek atd.

Kódový spínač obsahuje pouze jediný číslicový integrovaný obvod se čtveřicí hradel AND a matici dvanácti spínacích tlačítek. Požadovaný kód se volí vhodným zapojením určitých tlačítek do jednotlivých míst v obvodu.

Hradla AND IO1A až IO1D spolu s diodami D1 až D4 tvoří kaskádu klopných obvodů typu „LATCH". Čtyři libovolná tlačítka z matice jsou zapojena jako S1 až S4, zbývající tlačítka jsou spojena paralelně jako S5 až S12. V tomto zapojení může přejít výstup *11* IO1D (vyvedený na svorku J2) do vysoké úrovně H pouze tehdy, stiskneme-li v řadě po sobě tlačítka S1 až S4. Jakákoliv jiná kombinace stisknutí tlačítek způsobí vynulování klopných obvodů a výstup zůstne v nízké úrovni L.

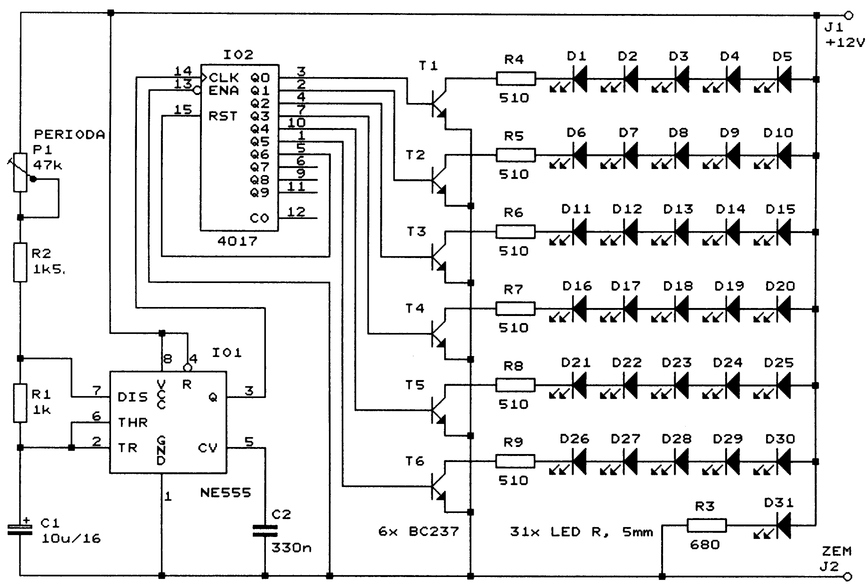
Výstupním napětím kódového spínače se budí nějaký další obvod, relé apod., výstupní proud hradla IO1D se v případě potřeby zesílí spínacím tranzistorem.

Kódový spínač je napájen napětím od 5 V do 15 V z vnějšího zdroje.

Everyday Practical Electronics, duben 1997

Šesticípá hvězda

Tato konstrukce představuje světelné efektové zařízení ve tvaru šesticípé hvězdy, ve které se jednotlivě po sobě rozsvěcují jednotlivé paprsky. Rozsvěcení paprsků hvězdy vyvolává dojem rotující světelné úsečky, která se otáčí okolo jednoho svého krajního bodu.



Obr. 29. Šesticípá hvězda

Schéma šesticípé hvězdy je na obr. 29. Zapojení je velmi jednoduché a skládá se z hodinového generátoru s IO1, šestistavového čítače IO2, šesti spínacích tranzistorů T1 až T6 a šesti pětic LED D1 až D30.

Hodinový generátor je zapojen jako astabilní multivibrátor s obvodem 555 (IO1). Perioda hodinového kmitočtu je určena hodnotami součástek C1, R1, R2 a P1 a trimrem P1 ji lze měnit v širokém rozmezí (20 až 350 ms).

Hodinové impulsy z výstupu *3* IO1 jsou zavedeny do hodinového vstupu Johnsonova čítače 4017 (IO2). Výstupní kód čítače je jedna z deseti, tzn., že vždy jen jeden z výstupů Q0 až Q9 je v úrovni H. Po vynulování čítače je v úrovni H výstup Q0, všechny ostatní výstupy jsou v úrovních L. Při vzestupné hraně každého hodinového impulsu se přesouvá úroveň H na následující výstup (z Q0 na Q1, z Q1 na Q2 atd.). Počet stavů čítače je zmenšen z deseti na šest zavedením signálu z výstupu Q6 na nulovací vstup RST. Když úroveň H dorazí na výstup Q6, čítač se vynuluje a úroveň H je pak na výstupu Q0 až do další vzestupné hrany hodinového impulsu. Tak je dosaženo, že úroveň H může být pouze na výstupech Q0 až Q5.

Vysokými úrovněmi H na výstupech Q0 až Q5 se prostřednictvím tranzistorů T1 až T6 spíná proud do šesti pětic LED D1 až D30, které tvoří obrazec paprsků šesticípé kvězdy. Při postupném spínání tranzistorů T1 až T6 se postupně rozsvěcejí jednotlivé paprsky. Uprostřed hvězdy je LED D31, která svítí trvale. Proud LED určují odpory rezistorů R3 až R9. V závislosti na svítivosti použitých LED a podle požadovaného jasu můžeme změnou odporů rezistorů R3 až R9 proud LED upravit.

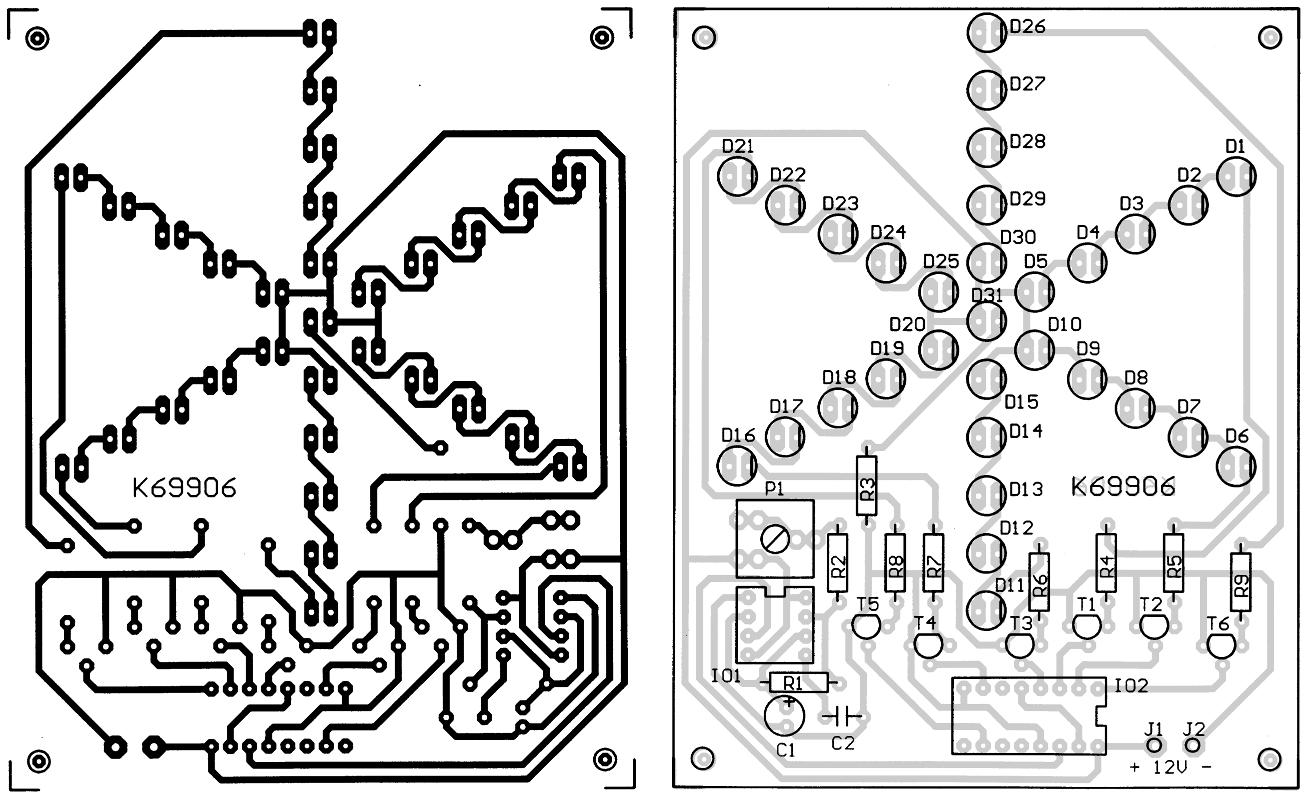
Šesticípá hvězda je napájena ze síťového adaptéru napětím 12 až 15 V, odebíraný proud je několik desítek mA.

Všechny součástky šesticípé hvězdy jsou připájeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce je na obr. 30.

Všechny součástky jsou zcela běžné, doporučený typ LED jsou červené LED o průměru 5 mm s velkým jasem.

Je vhodné připájet LED na delších přívodech a desku s plošnými spoji překrýt štítkem z papíru nebo plastické hmoty, kterým procházejí pouze pouzdra LED. Na štítek namalujeme barevnou hvězdu podle svého vkusu a celek umístíme do vhodného (např. dřevěného) rámečku.

Při pečlivé práci funguje hvězda „na první zapojení". Hvězdu použijeme jako dekoraci v bytě nebo jako poutač ve výloze apod.



Obr. 30. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce šesticípé hvězdy

Seznam součástek

R1	1 kΩ, 0,5 W, metal.
R2	1,5 kΩ, 0,5 W, metal.
R3	680 Ω, 0,5 W, metal.
R4 až R9	510 Ω, 0,5 W, metal.
P1	47 kΩ, trimr
C1	10 μF/16 V, ellyt., rad.
C2	330 nF, keram.
D1 až D31	LED, 5 mm, červená s velkou svítivostí
IO1	NE555
IO2	CMOS 4017

deska s plošnými spoji K69906

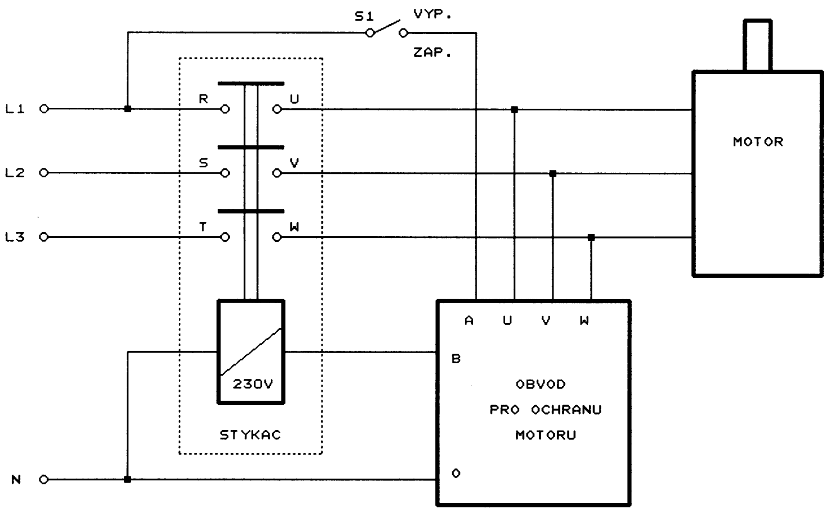
Radioelektronik Audio-HiFi-Video, 7/1996

Ochrana třífázového motoru

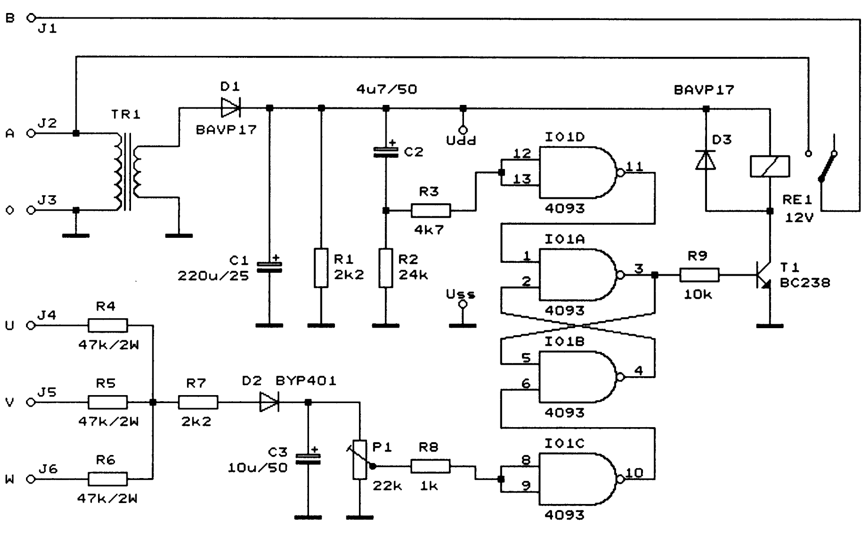
Při výpadku napětí v jedné nebo ve dvou fázích třífázové napájecí sítě jsou třífázové motory ohroženy přehřátím, protože se neotáčejí a přitom do nich teče značný proud. V tomto příspěvku je popsán ochranný obvod, který sleduje přítomnost fázových napětí a při jejich větší nesymetrii motor odpojí.

Připojení třífázového motoru k síti s použitím ochranného obvodu je na obr. 31. Motor je spojen se sítí přes stykač. Proud do cívky stykače se zapíná bistabilním spínačem S1. Do série se spínačem S1 je zařazen ochranný obvod, který v případě potřeby vypne proud do cívky stykače a tím odpojí motor.

Ochranný obvod je napájen síťovým napětím 230 V/50 Hz a má vlastní spotřebu asi 5 W (pouze při zapnutém motoru). Motor se vypíná při



Obr. 31. Celkové zapojení třífázového motoru



Obr. 32. Obvod pro ochranu motoru

nesymetrii fázových napětí větší než -5 až +10 % jmenovitého fázového napětí. Jmenovitý proud použitého stykače je 5 A při napětí 400 V. Ochrannný obvod odpojuje motor se zpožděním menším než 1 s.

Schéma obvodu pro ochranu motoru je na obr. 32. Fázová napětí U, V, W se přivádějí na vstupní svorky J4 až J6. Obvod nevyhodnocuje přímo velikost fázových napětí, ale velikost rozdílu fázových napětí ve středu děliče z rezistorů R4 až R6. Při ideální symetrii fázových napětí je napětí ve středu děliče nulové. Při nesymetrii fázových napětí se objeví ve středu děliče nenulové rozdílové napětí, které se usměrní diodou D2, vyhladí kondenzátorem C3 a přes dělič napětí s trimrem P1 překlopí Schmittův klopný obvod (SKO) IO1C typu 4093. Trimrem P1 se nastavuje, při jak velké nesymetrii fázových napětí SKO překlopí.

Výstupním napětím z SKO se vynuluje klopný obvod RS (RSKO), vytvořený z hradel IO1A a IO1B.

RSKO se nastavuje při zapnutí napájecího napětí impulsem z článku R2, C2. Impuls je vytvarován dalším SKO IO1D.

Z výstupu RSKO je přes spínací tranzistor T1 buzena cívka relé RE1. Spínací kontakt relé je vyveden na svorky A a B (J1, J2).

Ochranný obvod je napájen ze síťového transformátoru, jehož sekundární napětí je usměrněno diodou D1 a vyhlazeno kondenzátorem C1.

Při zapnutí spínače S1 (viz obr. 31) se zapne napájení ochranného obvodu, nastaví se RSKO a sepne relé RE1. Přes spínač S1 a spínací kontakt relé se přivede proud do cívky stykače, stykač sepne a zapne proud do motoru. Při výpadku napětí jedné nebo dvou fází nebo při větší nesymetrii fázových napětí se RSKO vynuluje, relé vypne, přeruší se proud do cívky stykače a stykač odpojí motor od sítě.

Pokud chceme po obnovení správné velikosti všech fázových napětí motor znovu zapnout, musíme vypnout a zapnout spínač S1, aby se článkem R2, C2 nastavil RSKO a sepnulo relé RE1.

Ochranný obvod je postaven na desce o rozměrech 85 x 55 mm s jednostrannými plošnými spoji. Diody BAVP17 a BYP401 lze nahradit běžnými 1N4007, RE1 má cívku na 12 V a přepínací kontakt pro síťové napětí, TR1 je pravděpodobně typu 230 V/ /9 V/3 až 5 VA. Pro vývody J1 až J6 jsou použity šroubovací svorky. Deska je vestavěna do skříňky z plastické hmoty.

Pozor na síťové napětí!

Radioelektronik Audio-HiFi-Video, 11/1995





AFCEA pořádá pro studenty zajímavou soutěž

Již řadu let sdružuje pracovníky z vládních, vojenských, vědeckých a průmyslových kruhů, kteří se profesně zabývají problematikou informačních a komunikačních systémů, světová organizace AFCEA (Armed Forces Communication and Electronics Association). Před šesti lety byla v České republice založena její česká pobočka. Ta každoročně vyhlašuje soutěž o nejlepší vědeckovýzkumnou práci z oblasti řídicích, informačních, komunikačních a elektronických systémů, která je určena především pro studenty technických a ekonomických vysokých škol.

Do soutěže jsou přijímány původní teoretické a aplikační práce, mající vztah k řízení státní správy a zabývající se některou z následujících oblastí: informatika a moderní management, programové a technické vybavení a metody tvorby moderních řídicích, informačních a komunikačních systémů, a nakonec technické řešení elektronických systémů, tvořících součást soudobých informačních technologií. Do letošního pátého ročníku soutěže bylo přihlášeno 20 studentských diplomových prací z pěti vysokých škol, a to z Policejní akademie v Praze, Technické univerzity v Liberci, Vojenské akademie v Brně, Vysoké školy ekonomické v Praze a Vysokého učení technického v Brně.

Počínaje rokem 1997 jsou výsledky soutěže slavnostně vyhlašovány při příležitosti konání mezinárodního veletrhu INVEX. To nejen proto, že Česká pobočka AFCEA již žadu let spolupracuje s BVV Brno jako kooperující partner při pořádání veletrhu IDET, ale i z toho důvodu, že soutěž svým charakterem úzce souvisí právě s náplní výstavy INVEX. Nejinak tomu bylo i letos, kdy 7. října v Kongresovém centru na brněnském výstavišti víceprezident AFCEA-CZ Ing. Petr Jirásek předal pěti nejlepším studentům finanční odměny. Vítěz soutěže rotmistr Richard Hájek z Vojenské akademie v Brně tak získal 6000 korun za práci Matematické metody určení azimutu a úhlu elevace. Na druhém místě skončil a 4000 korun si odnesl student Radomír Kurečka z Vysokého učení technického v Brně. Další již bývalý student z VA Brno poručík Ing. Jiří Krba obdržel 3000 korun za třetí místo a za čtvrtou příčku byl dvěma tisíci korunami oceněn rovněž letošní absolvent VA Ing. Jaroslav Fárka. Zbývající účastníci soutěže obdrželi věcné a upomínkové dárky, věnované firmou Hewlett Packard ČR.

Pavel Pazdera